

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

La démarche d'apprentissage par problèmes dans la formation universitaire des ingénieurs :  
Résultats d'une analyse systématique des publications scientifiques

par

Saifallah Jerbi

Mémoire présenté à la Faculté d'éducation

en vue de l'obtention du grade de

Maitrise en sciences de l'éducation

Septembre 2020

© Saifallah Jerbi, 2020

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

La démarche d'apprentissage par problèmes dans la formation universitaire des ingénieurs :

Résultats d'une analyse systématique des publications scientifiques

par

Saifallah Jerbi

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Abdelkrim Hasni	Directeur de la recherche
-----------------	---------------------------

Université de Sherbrooke

Dominique Lefebvre	Codirecteur de la recherche
--------------------	-----------------------------

Université de Sherbrooke

Sawsen Lakhal	Membre du jury
---------------	----------------

Université de Sherbrooke

Adolfo Agundez Rodriguez	Membre externe du jury
--------------------------	------------------------

Université de Sherbrooke

Mémoire accepté le 28 octobre 2020



## SOMMAIRE

Les différents discours scientifiques et professionnels s'accordent que la pratique de l'ingénieur fait appel à un ensemble établi de savoirs disciplinaires fondamentaux, accompagnés de diverses compétences qui prennent en compte les différents enjeux socio-scientifiques en vigueur dans une réalité qui ne cesse d'évoluer.

Ainsi, l'ingénieur en pratique entretient un rapport complexe aux objets techniques qu'il manipule ou produit. Un rapport qui se construit sur une base disciplinaire solide sans s'y limiter pour ainsi inclure les dimensions non disciplinaires essentielles dans le cadre de sa pratique.

Toutefois, ceci ne reste pas sans conséquence sur la formation universitaire des ingénieurs, dont le mandat principal est de préparer les futurs ingénieurs en formation à développer cet ensemble complémentaire construit sur la base des savoirs disciplinaires et renforcé par des compétences disciplinaires reliées au génie ainsi que des compétences non disciplinaires (transversales). En effet, les points de vue scientifiques et professionnels s'accordent sur la mise en évidence d'une transformation insuffisante de la formation des ingénieurs qui reste majoritairement axée sur les aspects disciplinaires et se caractérise par un écart en rapport à la nature de la pratique de l'ingénieur, d'où la nécessité de proposer des approches à la formation permettant d'y remédier.

Dans ce contexte, la démarche d'apprentissage par résolution de problèmes (APP) a été considérée dans les différents discours comme un moyen de repenser la formation des ingénieurs. Cependant, l'APP se caractérise par une large diversité de conceptions, justifications et modalités de mise en œuvre dans les discours scientifiques.

Le cadre d'analyse proposé dans ce mémoire repose sur le modèle du système didactique de Chevallard (1985), qui permet de considérer l'APP d'un angle didactique mettant en relation l'apprenant et l'enseignant en référence à un contenu, dans ce cas, dans le domaine disciplinaire du génie. Ce cadre a permis de proposer des indicateurs caractérisant les relations entre les trois pôles du système didactique dans le cadre de l'APP en génie.

Ce mémoire propose alors une revue systématique, qualitative et descriptive visant à caractériser l'APP en génie conceptuellement, dans les publications scientifiques en langue anglaise en prenant en compte les pôles du système didactique de Chevallard (1985). Une grille d'analyse a été construite, inspirée des travaux de Hasni *et al.* (2016), composée de 17 items dans quatre sections découlant directement de nos objectifs spécifiques de recherche : (1) Informations générales sur la publication, (2) Définitions et conceptions de l'APP, (3) Place et statut du problème en APP, (4) Sens et rôles attribués à l'apprenant et à l'enseignant en APP.

L'échantillon a été ainsi constitué à partir de publications évaluées par les pairs dans des bases de données systématiques spécialisées en éducation (ERIC) et en génie (SCOPUS et COMPENDEX). Les choix méthodologiques incluant les critères d'inclusion et d'exclusion ont permis d'obtenir 22 publications dans 9 revues scientifiques.

Les résultats ont permis de mettre en évidence les principales orientations et tendances conceptuelles qui se dégagent de l'analyse systématique en rapport à l'APP en génie. Ainsi, c'est une approche qui est majoritairement définie selon des considérations pédagogiques qui n'accordent pas une réflexion particulière sur les savoirs. Les auteurs justifient le recours à l'APP majoritairement par l'acquisition de compétences non disciplinaires (travail d'équipe, gestion, communication, etc.), qui sont priorisés dans les discours analysées par rapport aux savoirs

disciplinaires. La collaboration est aussi un enjeu majeur et distinctif qui se dégage des résultats analysés. Elle caractérise l'APP dans tous ses moments et présente plusieurs significations chez les auteurs qui s'inscrivent dans une logique transmissive, dans laquelle l'enseignant régule le processus d'apprentissage en fournissant le problème, et confère des tâches d'une autonomie partielle aux étudiants qui se limitent aux aspects de gestion du groupe, choix de la méthode de travail individuelle et choix de la manière de présenter les résultats. L'enseignant est ainsi vu comme le facilitateur de l'apprentissage, mais conserve tout de même certains attributs d'une approche transmissive, plaçant l'étudiant au centre de certaines activités sans pour autant poser une réflexion sur l'engagement dans le rapport au savoir.

**Mots-clés :** APP, problème, ingénieur, génie, revue systématique, enseignement supérieur.

*À*

*Haroun*





## TABLE DES MATIÈRES

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>i</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>1</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....</b>	<b>2</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 1. PROBLÉMATIQUE.....</b>	<b>8</b>
1. LA PRATIQUE D'INGÉNIERIE.....	8
1.1. Une dynamique particulière .....	8
1.2. La multi-dimensionnalité de la pratique d'ingénierie .....	13
2. LA FORMATION DES INGÉNIEURS .....	17
1.3. Défis de la formation d'ingénieurs : Regard des publications scientifiques .....	18
1.4. Défis de la formation d'ingénieurs : Regard des acteurs professionnels et industriels.....	21
1.5. L'APP et les finalités de la formation en génie.....	23
3. LES ÉCRITS DANS LE DOMAINE .....	25
1.1. Adéquation des formations aux besoins de la pratique.....	25
1.2. Les recherches sur l'APP .....	27
1.3. Le choix de conduire une revue de littérature systématique .....	28
4. QUESTION DE RECHERCHE.....	30
<b>CHAPITRE 2. CADRE DE RÉFÉRENCE .....</b>	<b>32</b>
1. LA DÉMARCHE D'APPRENTISSAGE PAR PROBLÈMES (APP).....	33
1.1. Une diversité de conceptions .....	33
1.2. Le problème .....	36
2. L'APP AU SEIN DU SYSTÈME DIDACTIQUE .....	39
1.1. L'étudiant en génie en tant que sujet apprenant.....	41
1.2. Le sujet enseignant.....	43
1.3. Le contenu.....	47
3. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE .....	50

<b>TROISIÈME CHAPITRE: MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>51</b>
1. TYPE DE RECHERCHE.....	51
2. CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLON .....	52
1.1. Critères d'inclusion.....	53
1.2. Critères d'exclusion .....	54
3. PROCÉDURES DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES.....	57
<b>QUATRIÈME CHAPITRE. LES RÉSULTATS .....</b>	<b>60</b>
1. DÉFINITIONS ET CONCEPTIONS DE L'APP .....	63
2. PLACE ET STATUT DU PROBLÈME.....	68
3. SENS ET RÔLES ATTRIBUÉS À L'APPRENANT ET À L'ENSEIGNANT .....	70
<b>CINQUIÈME CHAPITRE: DISCUSSION DES RÉSULTATS .....</b>	<b>79</b>
1. DESCRIPTION DES ATTRIBUTS PERMETTANT DE DÉFINIR L'APP ET LES JUSTIFICATIONS RETENUES PAR LES AUTEURS.....	79
2. DESCRIPTION DU STATUT ACCORDÉ AU PROBLÈME ET LES ATTRIBUTS UTILISÉS POUR LE DÉFINIR .....	89
3. DESCRIPTION DES RÔLES DE L'APPRENANT ET DE L'ENSEIGNANT.....	94
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>104</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXE 1 LISTE DES REVUES SPÉCIALISÉES DANS LA FORMATION DES INGÉNIEURS DONT LES PUBLICATIONS ONT ÉTÉ RETENUES.....</b>	<b>113</b>
<b>ANNEXE 2 LISTE DES PUBLICATIONS RETENUES POUR LA CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLON.....</b>	<b>114</b>
<b>ANNEXE 3 ÉLÉMENTS DE LA GRILLE D'ANALYSE.....</b>	<b>116</b>



## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Les quatre composantes de la pratique d'ingénierie (De Figueiredo, 2014).....	13
Figure 2. Le triangle didactique – Représentation schématisée du système didactique (Adapté de Chevallard, 1985) .....	40
Figure 3. Visualisation du nombre des publications retenues par base de données en fonction de différents paramètres méthodologiques .....	56
Figure 4. Distribution des zones géographiques des études analysées .....	61
Figure 5. Distribution des champs disciplinaires recueillis dans les publications analysées.....	62
Figure 6. La représentation tri-dimensionnelle du rôle de l'enseignant en APP tel que repéré par l'analyse systématique .....	99
Figure 7. La médiation de l'apprentissage entre la logique de « transmission » et celle du « laisser-faire » (Hasni, Belletête et Potvin, 2018) .....	100

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES**

APP	Apprentissage par problèmes
CAE	Canadian Academy of Engineering
GDEE	Global Dimension in Engineering Education
NAE	National Academy of Engineering
ERIC	Educational Resources Information Center
TIC	Technologies d'information et de communication

## REMERCIEMENTS

L'aboutissement de ce mémoire arrive au terme d'un long processus qui a comporté son lot de défis et qui ne pouvait être possible sans le support de plusieurs personnes.

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements et gratitude à mon directeur de maîtrise Pr. Abdelkrim Hasni, pour son soutien scientifique, son écoute et sa patience tout au long de ce processus académique, et ce depuis le tout premier jour en maîtrise.

Je tiens à exprimer aussi ma gratitude à mon co-directeur de maîtrise, Pr. Dominique Lefebvre, qui a accepté de partager son expertise surtout dans les aspects méthodologiques de ce mémoire et pour son soutien inestimable. Je remercie aussi le jury pour son temps dans la lecture de ce mémoire et ses conseils judicieux.

Je remercie aussi profondément la Pre. Fatima Bousadra pour ses judicieux conseils, son soutien, et sa disponibilité continuelle à présenter des opportunités d'apprentissage partagés en tout temps. Je remercie aussi Vincent Belletête, professionnel de recherche, d'avoir toujours été présent pour m'aider et me soutenir au long de ce parcours.

Je tiens aussi à remercier le Centre de recherche sur l'enseignement et l'Apprentissage des Sciences (CREAS) et tous ses membres de m'avoir offert la chance d'apprendre et d'évoluer ainsi que pour le soutien financier qui m'a été accordé.

Enfin, je remercie chaleureusement ma famille et mes amis qui m'ont toujours supporté. Je nomme mon cher père Mohamed et ma chère mère Anissa, la raison de mon existence. Je nomme aussi ma douce épouse Salma qui a toujours été présente, a supporté mon éloignement et mon stress, dans les moments de joie autant que les moments difficiles. Merci..



## INTRODUCTION

Le rôle de l'ingénieur dans la société ainsi que ses compétences requises sont fortement documentés, que ce soit dans les discours des acteurs sociaux et industriels ou dans les discours académiques et scientifiques (CAE, 1999 ; Crawley, 2002 ; De Graaff et Ravesteijn, 2001 ; Vinck, 2014).

Ainsi, plusieurs orientations s'accordent pour mentionner que la pratique d'ingénieur comprend des considérations qui prennent en compte les aspects techniques ou disciplinaires tout en permettant l'inclusion de savoirs non disciplinaires (De Figueiredo, 2014 ; Rabardel, 1995 ; Vatin, 2008 ; Vinck, 2014). Cet argument central implique directement la formation des ingénieurs, une formation dite professionnalisante, qui se charge de préparer les étudiants au métier et aux problèmes de la pratique.

Cependant, les compétences de l'ingénieur mobilisés en pratique présentent une diversité autour de leur nature et caractéristiques, et se situeraient dans une dynamique particulière. Ceci implique ainsi une formation qui serait pensée à partir des problèmes d'ingénierie rencontrés dans la pratique. L'un des moyens pour y arriver, entre autres, a été l'implémentation de dispositifs éducatifs et des approches à l'enseignement et à l'apprentissage, caractérisées par cette proximité avec le milieu de la pratique, tels que la démarche d'apprentissage par problèmes (APP) qui fait appel à des situations réelles de la pratique d'ingénierie comme contexte d'apprentissage.

Cependant, malgré l'abondance des publications scientifiques, professionnelles et des programmes de formation traitant de l'APP dans la formation des ingénieurs, la signification attribuée à cette approche, ses modalités de mise en œuvre et d'opérationnalisation ainsi que ses effets font l'objet de plusieurs tensions et débats. Surtout au niveau du discours scientifique, où peu d'études ont discuté la place de l'APP dans la formation des ingénieurs alors qu'aucune



analyse systématique n'a été repérée permettant d'établir un portrait conceptuel de l'APP en génie, servant d'un outil de réflexion à divers acteurs concernés.

Ce mémoire propose ainsi de conduire une analyse systématique de ces publications qui permettraient de synthétiser les principales caractéristiques conceptuelles autour de l'APP en contexte de formation des ingénieurs.

Ainsi, nous commencerons dans la problématique à discuter les compétences nécessaires pour un ingénieur en pratique et leurs caractéristiques selon les différents points de vue des acteurs concernés, ensuite, les principaux constats autour de la formation des ingénieurs seront présentés du point de vue de ses finalités, et ce, à travers le regard des acteurs industriels et académiques pour enfin déboucher sur l'APP et son implémentation dans le contexte de la formation des ingénieurs.

Ensuite, notre cadre de référence est construit à partir du modèle du triangle didactique (Chevallard, 1985) appliqué à l'APP. Ce modèle propose ainsi un système qui a l'avantage en mettre en relation trois pôles selon une vision didactique : l'apprenant et l'enseignant en rapport à un contenu. Un système qui permet d'inclure les considérations sur les savoirs en APP ainsi que leur place et statut au regard de la relation enseignant-apprenant. L'utilisation de ce cadre a permis la formulation d'indicateurs pour une grille d'analyse composée de 18 items en quatre sections décrivant conceptuellement l'APP en génie et cadrant l'analyse systématique encourue.

La méthodologie s'inscrit dans une vision descriptive, exploratoire et qualitative en proposant une analyse systématique de publications scientifiques portant sur l'APP en génie. Une stratégie a été proposée afin de constituer un échantillon de publications scientifiques évaluées par les pairs traitant de l'APP en génie. L'échantillon obtenu est constitué de 22 publications dans 9 revues. Il est à noter que les publications obtenues sont toutes de langue anglaises malgré que cela

ne constituait aucunement un choix méthodologique mais une contrainte ainsi qu'une limite à cette recherche. En effet, plusieurs itérations ont été conduites pour constituer un échantillon tout en conservant une stratégie systématique et maintenant un nombre de publications dont l'analyse resterait faisable dans le cadre d'une maîtrise.

## CHAPITRE 1. PROBLÉMATIQUE

### 1. LA PRATIQUE D'INGÉNIERIE

#### 1.1. Une dynamique particulière

Plusieurs tensions émergent lors de la discussion sur la nature de la pratique d'ingénierie et les différents savoirs, incluant les compétences, que l'ingénieur mobilise dans sa pratique.

Koen (1985) mentionne que ce dernier est généralement défini par les artefacts qu'il produit. Cet auteur propose la vision de l'ingénierie comme étant une stratégie pour induire le meilleur changement dans une situation incertaine ou peu comprise, à l'intérieur des ressources disponibles [Traduction libre]<sup>1</sup>. Cependant, cette définition ne semble pas caractériser la pratique d'ingénierie dans toutes ses particularités.

Pour Vinck (2014), l'implication de l'ingénieur dans ses activités ne se fait pas exclusivement selon une logique disciplinaire, mais « les savoirs et les pratiques d'ingénierie seraient le produit négocié d'interactions sociales, politiques et économiques » (p. 227). Ainsi, ces savoirs et pratiques en question ne formeraient pas un ensemble uniforme étant donné qu'ils émergent en fonction des différents contextes sociaux et institutionnels, influencés par un développement technologique continu qui s'accompagne par une différenciation spécifique selon les pays (Vinck, 2014). On parle donc d'une diversité de traditions<sup>2</sup> d'ingénierie (Ibid.).

Ces traditions peuvent être examinées selon plusieurs points de vue, notamment le point de vue socio-historique dans lequel elles trouvent leur origine (Vinck, 2014). L'auteur explique ainsi, qu'en France par exemple, il est question d'un rapport de rationalisation et de

---

<sup>1</sup> « By the engineering method I mean the strategy for causing the best change in a poorly understood or uncertain situation within the available resources » (Koen, 1985, p. 10).

<sup>2</sup> Nous parlons ici de représentations et cultures institutionnelles et sociales autour de la pratique d'ingénierie.

bureaucratisation de la pratique d'ingénierie en tant que métier dans ses spécificités institutionnelles, comparativement par exemple, à une tradition anglosaxonne (américaine plus tard) qui a adopté une représentation de l'ingénierie traduite par « une approche empirique et pragmatique des problèmes, sur la mesure et les essais, allant de pair avec une méfiance vis-à-vis des mathématiques complexes et des théories scientifiques<sup>3</sup> » (p. 228).

Ces constats ne sont présentés qu'à titre d'exemples pour montrer la diversité des traditions reliées à l'ingénierie, et ne se prétendent aucunement exhaustifs.

Cependant, cet apprentissage mobilisé s'appuie essentiellement sur les savoirs disciplinaires et leurs spécificités mais dépasse la spécialisation disciplinaire de l'ingénieur s'inscrivent selon un mode de pensée particulier et spécifique (Vinck, 2014). Il relèverait ainsi d'une pensée formalisatrice, calculatoire et modélisatrice qui se manifeste par « un travail de simplification du réel pour construire une représentation plausible et opératoire du problème, reliée au monde par des opérations de mesure qui fournissent la base au calcul des solutions » (p. 230). Ces activités se déclinent donc en plusieurs opérations intellectuelles, caractéristiques des ingénieurs ou de ce que certains auteurs appellent « l'esprit d'ingénieur » (Vatin, 2008) : entre-autres la conception, l'optimisation, la formalisation et la modélisation (de Figueiredo, 2014 ; Vatin, 2008 ; Vinck, 2014).

D'un autre côté, Rabardel (1995) met la pratique d'ingénieur dans le contexte d'un système productif d'un monde de plus en plus technique. Il pose son regard sur cette pratique en la présentant comme un rapport complexe interactif entre l'homme et les objets techniques.

---

<sup>3</sup> Cependant, cette méfiance exprimée par Vinck (2014) peut se traduire à notre sens par un pragmatisme prononcé dans une vision de l'ingénierie qui oppose le formalisme au pragmatisme, selon l'auteur.

Pour lui, l'activité humaine y occupe une place de plus en plus restreinte au profit de l'avancée des procédés d'automatisation dans les différents domaines en ingénierie. Elle ne peut être pensée le plus souvent que dans les termes même de l'activité technique. Ainsi, selon cette perspective que l'auteur qualifie de « technocentrique », l'activité humaine est considérée résiduelle, à minimiser et source de risques et erreurs qui sont à éliminer, « de nature à troubler, voire mettre en défaut, le fonctionnement des automates et des machines expertes » (Rabardel, 1995, p. 11).

L'auteur soutient que les objets et systèmes techniques qui sont un ensemble d'artefacts issus de l'activité d'ingénierie, sont pensés et conçus dans un environnement humain. Un artefact d'ingénierie est défini selon Rabardel (1995) comme tout objet technique ayant subi une transformation par l'humain, aussi petite qu'elle peut être. Ceci implique une omniprésence de l'activité humaine depuis le stade de conception et tout au long du cycle de vie de l'artefact qui ne peut, selon ce dernier, être compatible avec la perspective dite technocentrique. L'auteur, ainsi, appelle à repenser la conception des rapports des hommes aux systèmes techniques d'une conception dite technocentrique<sup>4</sup> voyant l'activité humaine comme résiduelle, vers une conception « où le système technique est centré sur celui qui va l'utiliser, où il va être imaginé, conçu et réalisé en référence à l'activité de cet homme (ou de ces hommes) pour lequel il sera un outil, un instrument. » (Rabardel, 1995, p. 17), il est donc question plutôt d'une conception dite anthropocentrique.

Lhote, Dulmet et Ortiz-Hernandez (1994), dans ce sens, décrivent ce constat plus précisément dans l'activité d'ingénierie à travers ses différents domaines. Ils mentionnent ainsi que « la référence au travail humain est quasiment absente de l'enseignement et de la recherche en optique, électronique, électrotechnique, mécanique, génie des procédés, etc., tant comme objet

---

<sup>4</sup> Lhote, Dulmet et Ortiz-Hernandez (1994) parlent de "technotropisme" et Vatin (2008) évoque la "technocratie".

scientifique que comme élément contextuel fort » (p. 27). Les auteurs font la nuance cependant que ce constat n'est pas généralisable à l'ensemble des domaines disciplinaires en ingénierie avec l'exemple du génie informatique où le rôle humain semble plus présent. Ils dénotent cependant que cette présence humaine se limite à un rôle de régulation et de conception d'interfaces ou de systèmes autonomes d'aide à la décision favorisant les procédés d'automatisation, comme dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Cependant, Vatin (2008) et Vinck (2014), face à ces critiques, considèrent que cette conception dite technocentrique se manifestant chez les ingénieurs dans la pratique par une pensée calculatoire et formalisatrice n'est pas indifférente aux rapports sociaux et aux implications des actions d'ingénierie par rapport aux valeurs humaines en jeu. Pour eux, l'analyse de plusieurs exemples de pratiques d'ingénierie « permet de mettre en évidence les valeurs sociales, voire existentielles, présentes derrière l'apparente objectivité du calcul » (Vatin, 2008, p. 132). Ainsi, à travers l'exemple des ingénieurs forestiers des ponts et chaussées en France, Vatin (2008) montre que les calculs et différentes opérations intellectuelles se rapportant à la pratique d'ingénieur ne sont pas fermées mais débouchent sur des questions sociales, éthiques et politiques. L'auteur affirme ainsi :

En ce sens, il est profondément faux de se représenter l'ingénieur comme un "homme sans valeur". Il en hérite et il en produit sans cesse, car il faut qu'il décide [...] Il y a donc une interpénétration permanente dans le travail d'ingénieur entre calcul et principe de valeur (p. 146).

Vinck (2014) dans le même ordre d'idée résume cette position face à cette représentation de l'ingénieur aujourd'hui comme suit :

Le calcul et l'optimisation que réalisent les ingénieurs ne forment pas un univers fermé sur lui-même ; inévitablement s'y mêlent des questions d'équité, de justice, de stratégie, de rapports de pouvoir entre des acteurs différents par leur statut, leurs intérêts, leurs préoccupations pour le présent ou pour l'avenir. Avec leurs calculs, les ingénieurs se retrouvent au cœur de la société et de ses problèmes ; leurs méthodes de calcul sont tellement liées aux intérêts et aux enjeux de la société qu'ils échouent à calculer une décision qui rende solidaires les intérêts d'acteurs différents et sur plusieurs générations (car l'ingénierie doit aussi prendre en compte le devenir de l'humanité et de la planète, les préférences des uns et des autres à vivre intensément maintenant ou à se modérer au profit des générations futures). Il n'y a dès lors pas de coupure entre le calcul et la politique ; le calcul est une autre manière de faire de la politique. (p. 231)

Cependant, la prise en compte de ces deux points de vue n'est pas forcément mutuellement exclusive : Un point de vue, d'une part, présentant la pratique d'ingénierie dans le contexte d'un système de plus en plus technique qui voit l'activité et les valeurs humaines comme résiduelles et un point de vue anthropocentrique qui voit cette pratique pensée et centrée autour de l'humain.

En ce sens, Rabardel (1995) soutient qu'aucun de ces points de vue ne permet à lui seul d'établir un portrait complet du rapport aux systèmes techniques (incluant l'ingénierie<sup>5</sup>) : « La seule approche technocentrique tend à placer l'homme en position résiduelle et ne peut véritablement permettre de penser son activité ; tandis qu'une option unilatéralement anthropocentrique est incapable de penser les systèmes techniques dans leur spécificité

---

<sup>5</sup> À noter que Rabardel (1995) ne discute pas exclusivement de l'ingénierie mais cette dernière peut être considérée à notre sens, dans ce que Rabardel (1995) mentionne en tant que rapport aux objets techniques.

technologique » (p. 12). Donc, Rabardel (1995) soutient que l'articulation de ces deux points de vue est à privilégier dans une conceptualisation du rapport aux techniques comme dans le cas de l'ingénierie, dans laquelle, la logique relevant des aspects exclusivement techniques (provenant des connaissances strictement disciplinaires) est insuffisante. Ainsi, des dispositifs particuliers doivent permettre, en ce sens, d'inclure cette vision dans la formation des ingénieurs, une approche de formation qui reflète ces éléments rapportés. Mais avant tout, il est pertinent de vérifier la disposition des savoirs dans la pratique des ingénieurs afin de poser une réflexion sur les attributs de cette approche et ses conséquences sur la formation des ingénieurs.

## 1.2. La multi-dimensionnalité de la pratique d'ingénierie

Plusieurs modèles de la pratique d'ingénierie ont été proposés qui ont explicité le statut des savoirs et leur disposition dans cette pratique. Nous pouvons présenter celui de Figueiredo (2014) qui met en évidence la pratique d'ingénierie comme une interaction multidimensionnelle qui inclut les savoirs disciplinaires, comme composante importante tout en considérant un ensemble de compétences non disciplinaires requises.

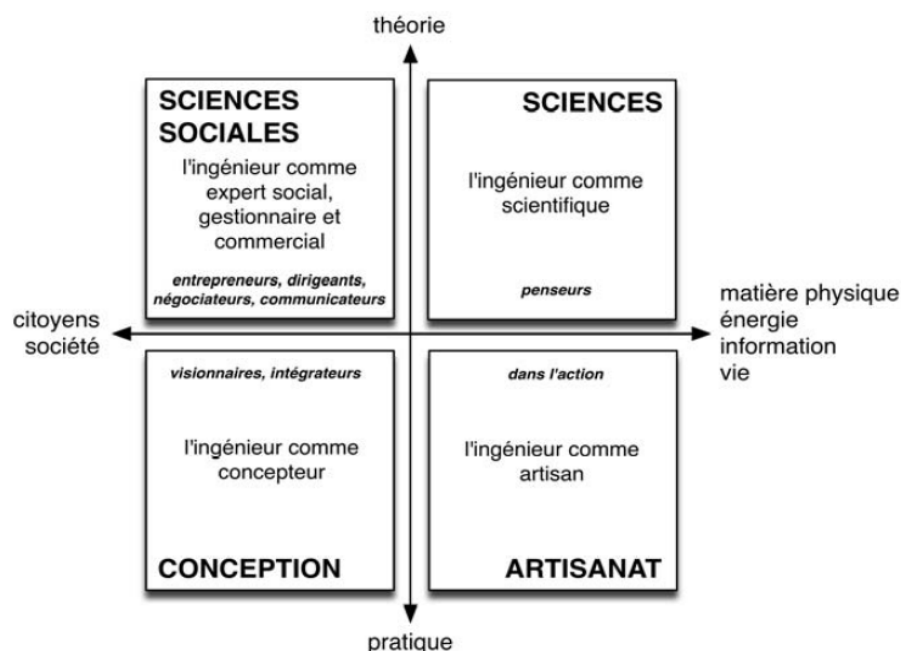


Figure 1. Les quatre composantes de la pratique d'ingénierie (De Figueiredo, 2014)



De Figueiredo (2014) a réalisé une analyse historique des pratiques d'ingénierie montrant les différentes mutations et crises identitaires qui ont façonné cette profession au cours des deux derniers millénaires. Cette analyse a permis la mise en évidence de quatre composantes de la pratique d'ingénierie : l'artisanat, la conception, les sciences naturelles et les sciences sociales. Dans ce modèle, l'ingénieur dans sa pratique ne fait pas appel exclusivement à une dimension des sciences fondamentales dans une logique strictement disciplinaire, mais ce dernier mobilise dans ses activités d'autres dimensions.

Selon l'auteur, « l'ingénierie serait alors mue, selon les circonstances, par le génie de l'artisan, par celui du visionnaire, par celui du rationalisateur ou par celui de l'entrepreneur » (Vinck, 2014, p. 228). Ainsi, d'après ce modèle, chaque ingénieur s'approprie plus ou moins ces composantes dans la pratique.

en les combinant de façon variable, accentuant l'une ou l'autre de ses composantes en fonction du style personnel, de l'accumulation de l'expérience dans le métier et de la pression des circonstances [...] Comme il n'existe toutefois pas de type d'ingénieur pur, chaque ingénieur dispose d'une identité multiple qui incorpore des interpénétrations fécondes de ces quatre dimensions (De Figueiredo, 2014, p. 262).

La composante première de la pratique d'ingénierie est celle des sciences fondamentales. Un ingénieur avant tout est un scientifique. Il s'agit de « la composante la plus forte de l'ingénierie » (De Figueiredo, 2014). L'ingénieur ainsi dans son côtoiement constant avec des problèmes d'ingénierie de plus en plus complexes, produit à son tour des connaissances scientifiques originales publiables dans des revues ou conférences internationales (Ibid.). Ainsi, un ingénieur est avant tout un spécialiste disciplinaire dans au moins un domaine de l'ingénierie. Cependant, cette composante ne peut être considérée « comme le cœur de l'ingénierie, mais

comme une aide essentielle » (Ibid., p. 268). C'est ainsi que d'autres composantes essentielles s'ajoutent nécessairement, selon de Figueiredo (2014), afin de décrire la pratique d'ingénierie, et montrer qu'elle ne se limite pas à la maîtrise strictement disciplinaire.

Ainsi, une autre composante s'ajoute pour décrire la pratique d'ingénierie selon de Figueiredo (2014) est la composante artisanale. Elle relève d'une logique utilitariste et artistique qui a longtemps marqué originellement la pratique d'ingénierie et a constitué le fondement historique principal de cette pratique. Cependant, elle connut peu à peu un déclin au profit de l'émergence des connaissances scientifiques des sciences fondamentales (incluant les mathématiques et la physique), et ce, lors de la veille de la révolution industrielle en Europe (De Figueiredo, 2014). Malgré cela, l'influence de cette composante reste tout à fait tangible de nos jours dans la pratique d'ingénierie, se manifestant comme étant un pragmatisme développé et des valeurs reliées à l'engagement, à la réalisation et au perfectionnisme lors de l'exécution des tâches reliées à la pratique (Ibid.). Cependant, face à ce déclin relatif de l'artisanat en ingénierie, plusieurs auteurs défendant une conception "anthropocentrique" de l'ingénierie défendent l'idée « d'un renouvellement de l'esprit artisanal comme une voie de dépassement de l'approche excessivement mécaniste de notre époque » (De Figueiredo, 2014, p. 264).

La deuxième composante évoquée par de Figueiredo (2014) relève de la logique de conception. La conception est définie selon l'auteur par « la capacité à imaginer et à produire de nouveaux appareils, systèmes et solutions » (p. 264). L'office québécois de la langue française (2005) définit la conception comme une « activité créatrice qui consiste à élaborer un projet, ou une partie des éléments le constituant, en partant des besoins exprimés, des moyens existants et des possibilités technologiques dans le but de créer un bien ou un service ».

Ainsi, l'ingénieur est avant tout un concepteur. Il met en évidence, élabore, exécute, construit un artefact répondant aux fonctions recherchées et aux normes de qualité, permettant de combler une

certaine demande, besoin qui n'est pas neutre aux débats et enjeux des différents acteurs socioéconomiques. Cet artefact en question ne se baserait donc pas exclusivement sur les savoirs disciplinaires mobilisés par l'ingénieur (Rabardel, 1995). Ainsi, l'artefact, selon cette perspective, n'est pas appréhendée en dehors des rapports socioéconomiques, éthiques et environnementaux en jeu dans le milieu de l'ingénieur.

La troisième composante en jeu pour de Figueiredo (2014) dans l'appréhension de l'activité d'ingénieur est la prise en compte d'un ensemble de compétences provenant de ce qu'il appelle des « sciences humaines ». Cette composante serait, dans ce sens, en accord avec l'approche dite "anthropocentrique" défendue par Rabardel (1995). C'est dans cette logique que l'ingénieur se voit avant tout en contact avec les sphères de l'activité humaine, interagissant avec son environnement qui est constitué d'acteurs humains, et ce, avant d'être engagé dans ses calculs formant partie de son activité (De Figueiredo, 2014). Dans ce sens, un ingénieur de nos jours, est appelé à tenir en compte les enjeux sociaux, écologiques et environnementaux et les questions d'actualité (Mills et Treagust, 2003 ; Ravesteijn, De Graaff et Kroesen, 2006). Il n'est plus ainsi perçu exclusivement comme un « spécialiste » d'un domaine disciplinaire cloisonné mais, est appelé à acquérir un ensemble de savoirs et compétences qui se rapportent à son environnement :

Un nouveau type d'ingénieur est nécessaire: un ingénieur possédant une solide base en sciences fondamentales et en technologie de la construction, qui est pleinement conscient de ce qui se passe dans la société et qui a les compétences pour gérer ces aspects sociétaux<sup>6</sup> [Traduction libre] (De Graaff et Ravesteijn, 2001, p. 420).

---

<sup>6</sup> « A new kind of engineer is needed, an engineer with a solid foundation in basic sciences and construction technology, who on top of that is fully aware of what is going on in society and who has the skills to deal with those societal aspects ».

Cependant, la nature sociale du travail des ingénieurs ne se limite pas à ces considérations, mais elle inclut ainsi un ensemble de compétences sociales caractéristiques de leurs interactions :

La clarification des exigences techniques et commerciales avec leurs clients, la négociation des choix de conception avec les populations concernées (hommes politiques, écologistes et autres groupes de pression), la mobilisation de leurs équipes, la construction de compromis entre les participants au processus de construction et de déploiement des solutions ainsi que l'anticipation des risques sociaux de ces solutions (De Figueiredo, 2014, p. 269)

Finalement, ce modèle ne se veut aucunement un modèle explicatif cherchant à conceptualiser la pratique d'ingénierie, mais il s'agit de mettre en évidence que l'ingénieur dans sa pratique fait appel à un ensemble de savoirs disciplinaires fondamentaux avec des compétences humaines, de gestion, de collaboration qui dépassent la sphère technique.

Ainsi, devant cette dynamique dans laquelle s'inscrit la pratique d'ingénierie impliquant différentes représentations qui ne restent pas sans conséquence sur la formation, « il en résulte une diversité de formations d'ingénieurs, de conceptions de la formation, de profils d'ingénieur et donc de savoirs d'ingénierie » (Vinck, 2014, 228). Qu'en est-il alors de cette formation et des approches possibles la situant par rapport à la pratique des ingénieurs au sein des tensions présentées dans notre problématique. Il s'avère ainsi pertinent d'examiner l'état des lieux de cette formation dans les discours des différents acteurs concernés et son lien aux approches de formation.

## 2. LA FORMATION DES INGÉNIEURS

Nous avons montré dans la section précédente les différents points de vue et représentations autour de la pratique de l'ingénieur et les composantes auxquelles l'ingénieur fait appel dans son

activité. Nous examinerons dans cette section l'état des lieux concernant la formation universitaire des ingénieurs.

Plusieurs auteurs affirment que durant l'évolution de l'enseignement scientifique, à chaque fois qu'il y a eu des changements majeurs d'ordre scientifique, technologique, économique ou social, des changements parallèles ont eu lieu en éducation (Becerra-Labra, Gras-Martí et Martínez-Torregrosa, 2012).

Cependant, le regard croisé des publications scientifiques et des acteurs socio-industriels permet de constater que la formation d'ingénieurs n'a pas tenu le rythme de l'évolution rapide des besoins en ingénierie, et ce, dès le milieu du 20<sup>e</sup> siècle. Elle a donc connu une distanciation, de plus en plus affirmée, par rapport à la réalité dynamique de la pratique professionnelle (CAE, 1999 ; Crawley, 2002 ; GDEE, 2014 ; Mills et Treagust, 2003 ; NAE, 2005 ; Owens et Fortenberry, 2007 ; Rojter, 2006 ; The Royal Academy of Engineering, 2007).

### **1.3. Défis de la formation d'ingénieurs : Regard des publications scientifiques**

Cette distanciation a été mise en évidence par certains auteurs, dès la fin des années 1990, qui ont établi un portrait de l'état de certains aspects de la formation des ingénieurs et les problèmes dénotés chez les étudiants quant à la mise en pratique des savoirs acquis lors de leur formation :

Les diplômés en ingénierie aujourd'hui doivent posséder de solides compétences en communication et en travail d'équipe, mais ils ne le font pas. Ils doivent avoir une perspective plus large des problèmes qui concernent leur profession, tels que les problèmes sociaux, environnementaux et économiques, mais ils ne l'ont pas fait. Enfin, ils obtiennent une bonne connaissance des sciences fondamentales de

l'ingénierie et de l'informatique, mais ils ne savent pas comment les appliquer dans la pratique. (Mills et Treagust, 2003, p. 3)

Une transformation graduelle de la profession d'ingénieur explique en partie ce constat, pour devenir une profession au-delà des disciplines scientifiques, une profession globale (Owens et Fortenberry, 2007).

Ainsi, cette transformation de la réalité professionnelle de l'ingénieur ne semble pas avoir été accompagnée par une transformation en parallèle au niveau de la formation universitaire. En effet, pour certains auteurs, la formation des ingénieurs n'a pas tenu le rythme de l'évolution des problèmes rencontrés dans la société globale (Ibid.). Ceci s'explique par une approche à la formation en ingénierie qui suit une logique disciplinaire prononcée et se base davantage sur la culture de recherche théorique, éloignée de la pratique, dès le milieu du 20<sup>e</sup> siècle (Crawley, 2002). C'est dans ce sens, que ces critiques ont conclu que la formation en ingénierie a commencé à se dissocier de la pratique professionnelle (Crawley, 2002 ; Owens et Fortenberry, 2007).

Dans ce sens, on note alors un conflit entre une formation plutôt axée sur les connaissances techniques qui ne cessent de s'élargir et un besoin de plus en plus pressant, chez les jeunes ingénieurs gradués, de développer les compétences personnelles et interpersonnelles nécessaires à leur intégration au sein des équipes de travail dans le monde professionnel et social, et d'accomplir les finalités attendues de leur formation (Crawley, 2002).

Ce contenu critiqué peut se manifester par la présentation aux étudiants de plus de 2000 problèmes en moyenne dans un programme typique de 4 ans, ayant une structure commune et répétitive alors que les étudiants en question ont la perception d'apprendre à résoudre des problèmes, mais en réalité, ils sont formés à calculer les solutions à travers l'application de formules mathématiques, pensant que pour chaque problème, il existe une réponse correcte, et que

le formateur qui pose le problème en classe, a toujours une solution en tête qu'il cache, ce qui réduit les échanges en classe en un « jeu » pour déterminer cette réponse cachée.

Il est pertinent aussi de mentionner que cette distanciation dont parlent certains auteurs ne semble pas se limiter à la formation universitaire des ingénieurs, mais s'étend aussi à l'éducation scientifique dès le primaire et le secondaire, qui semble prédisposer les élèves à ce paradigme dans leur formation universitaire (Hasni, Bousadra et Charles (collaboration), accepté).

[...] ce sont par conséquent les spécialistes disciplinaires (les universitaires) qui étaient chargés de proposer les meilleures façons de rendre les sciences universitaires accessibles aux élèves dès l'école primaire et secondaire [...] le contexte sociopolitique a conduit à organiser les programmes de sciences scolaires dans la continuité des disciplines scientifiques universitaires, en privilégiant la recherche et le développement des "talents" dans le domaine. (Ibid., p. 39-40)

Plus récemment, d'autres auteurs ont critiqué certains aspects d'apprentissage relevant de la formation actuelle, en visant précisément la nature des problèmes rencontrés en classe comme indicateur. De ce point de vue, il est alors question d'une structure de problèmes « algorithmique » dans laquelle les étudiants sont prédisposés à acquérir des savoirs procéduraux<sup>7</sup>. Cependant, ce type de savoirs ne relève pas nécessairement d'un certain niveau de conceptualisation de ces savoirs impliquant une appropriation des concepts disciplinaires, pour ensuite exercer un jugement éclairé dans le contexte d'une situation d'application, donc de s'approprier des savoirs conceptuels. C'est dans ce sens que, selon ce point de vue, l'un des défis majeurs dans les facultés et écoles d'ingénierie est de transformer ces savoirs procéduraux en savoirs conceptuels tout en

---

<sup>7</sup> Dans le sens où ils savent comment appliquer un ensemble d'étapes constituées en procédure à un ensemble de variables et constantes pour obtenir un résultat désirable.

permettant le développement d'un ensemble de compétences nécessaires à un ingénieur moderne (Becerra-Labra, Gras-Martí et Martínez-Torregrosa, 2012 ; Peters, 2015).

C'est ainsi que devant ces constatations du point de vue scientifique, les facultés ont été appelées à en tenir compte tout en considérant le regard des différents acteurs professionnels et industriels, dans le but de penser des approches de formation qui prennent en compte ces constats dégagés.

#### **1.4. Défis de la formation d'ingénieurs : Regard des acteurs professionnels et industriels**

L'Académie royale de l'ingénierie (2017) au Royaume-Uni a noté que dans les universités, la formation des ingénieurs a relativement peu changé et le rapport émis en question recommande de : « s'éloigner d'une emphase sur les connaissances disciplinaires [...] vers une meilleure compréhension des modes par lesquels un ingénieur pense et agit » [Traduction libre]<sup>8</sup> (p. 6).

Dans ce sens, les compagnies internationales devenant de plus en plus complexes et agissant dans un marché de plus en plus global et ouvert, comme par exemple Siemens ou Boeing, ne recrutent plus les jeunes ingénieurs se basant seulement sur leurs capacités techniques (Becker, 2006 ; NAE, 2013). En effet, tout un ensemble de compétences non-techniques est évalué lors du recrutement.

En outre, le rapport mentionne un besoin croissant pour des « engineers who are more than just technically competent » (Ibid.), et ce, en énumérant plusieurs attributs essentiels du point de vue industriel<sup>9</sup> chez un ingénieur : le travail d'équipe, la créativité et l'apprentissage continu tout au long de sa carrière. Cependant, une des compétences les plus recherchées est relative à la gestion d'évènements ou de projets mais aussi de personnel et d'équipes multidisciplinaire (Becker, 2006).

---

<sup>8</sup> « Move away from a focus on disciplinary knowledge (subjects such as maths and science) towards a better understanding of the ways engineers think and act ».

<sup>9</sup> La compagnie Boeing plus précisément.



Les problèmes que l'industrie doit résoudre sont de plus en plus complexes, qu'il s'agisse de concevoir un système d'alimentation en eau, un hôpital, une route ou un avion. En tant que tels, de nombreuses considérations - pas seulement la technologie - doivent être intégrées pour résoudre ces problèmes, y compris des considérations sociales telles que la responsabilité pour l'environnement. Boeing s'intéresse aux ingénieurs qui peuvent aider à réaliser cette intégration. [Traduction libre] (NAE, 2013, p. 14)

Les rapports en question dénotent aussi une persistance de la culture du cloisonnement disciplinaire dans plusieurs des institutions de formation aux États-Unis, d'où la nécessité de s'ouvrir à des approches promouvant plus d'interdisciplinarité et de situations d'enseignement proches de la pratique. Ces cloisonnements disciplinaires dans la formation des ingénieurs qui sont remis en question, dont la structure a été héritée du 19<sup>e</sup> siècle, et qui sont dépassés par les innovations technologiques et l'émergence de domaines spécialisés comme la nanotechnologie, le génie médical ainsi que d'autres domaines basés davantage sur les technologies de communication et d'information (L'Académie royale d'ingénierie, 2007).

Au fil du temps, cependant, un détachement entre les ingénieurs en pratique et les ingénieurs académiques s'est développé. La grande majorité du corps ingénieur facultaire, par exemple, n'ont pas d'expérience industrielle. Les représentants de l'industrie pointent à ce détachement comme la raison pour laquelle les étudiants en ingénierie ne sont pas adéquatement préparés, selon leur point de vue, à intégrer la main-d'œuvre d'aujourd'hui. [Traduction libre] (NAE, 2005, p. 20-21)

Il est pertinent de mentionner ici, cependant, que ce discours semble s'inscrire dans une conception particulière de la pratique d'ingénierie, qui est considérée du point de vue industriel, située dans le contexte d'un système productif, au sens de Rabardel (1995), tel que nous l'avons exposé dans les sections précédentes de ce chapitre. Ainsi, la formation selon ce discours est vue d'un angle particulier dont les finalités se focalisent dans la préparation des étudiants à la production industrielle exclusivement, ce qui ne représente pas nécessairement toutes les facettes des finalités de la formation des ingénieurs. Ainsi, il est important dans ce sens de retenir cette nécessité d'une formation prenant en compte une complémentarité entre un noyau de savoirs disciplinaires fondamentaux de l'ingénieur, entouré par un ensemble de savoirs et compétences non disciplinaires rapprochant les étudiants de la réalité de la pratique du génie.

### **1.5. L'APP et les finalités de la formation en génie**

Cooke, Irby, Sullivan et Ludmerer (2006) énoncent les objectifs de la formation professionnalisante dans sa généralité :

Toutes les formes de formation professionnelle partagent l'objectif de préparer les étudiants à une pratique accomplie et responsable au service des autres. Ainsi, les professionnels en formation doivent maîtriser à la fois une théorie abondante et de vastes ensembles de connaissances; [Traduction libre] (p. 1341)

Plusieurs documents et rapports ont tenté de décrire les modalités de la formation en ingénierie. D'une part, certains rapports à caractère professionnel, sont orientés vers les exigences des employeurs (Becker, 2006 ; Nguyen, 1998) ou vers les normes mises en place par les ordres professionnels (Ingénieurs Canada, 2015). D'autre part, on trouve aussi des études, à caractère

scientifique, qui ont formulé certaines finalités, sur une base théorique ou empirique (Mathew et Hughes, 1994 ; Nguyen, 1998).

Cependant, ces différents acteurs s'accordent sur le rôle crucial de la formation des ingénieurs à former des ingénieurs flexibles, à large spectre qui s'inscrivent dans une logique de formation continue en résolution de problèmes et de considérer ainsi la structure de cette formation et ses finalités du point de vue des compétences attendues dans la pratique.

D'ailleurs, l'organisme national « Ingénieurs Canada » qui est le corps professionnel principal responsable de la gestion et de la régulation de l'exercice de la profession d'ingénieur au Canada, regroupe 12 ordres provinciaux qui se chargent de la délivrance du permis d'ingénieur selon les normes de chaque province. Cet organisme comporte aussi parmi ses comités permanents, le Bureau d'agrément, qui se charge de l'accréditation des programmes de formation en ingénierie dans les établissements d'enseignement supérieur, selon les normes établis par le conseil d'Ingénieurs Canada et procède aussi à l'évaluation de ces programmes.

Ce dernier a émis, récemment, plusieurs recommandations quant aux compétences que doivent démontrer les diplômés à la suite de leur formation, sous forme de référentiel aux compétences (Ingénieurs Canada, 2015). Ce document met l'emphasis sur les compétences non-disciplinaires. En effet, on retrouve sur les neuf qualités énumérées, une seule qui traite des connaissances relatives aux savoirs disciplinaires propres à l'ingénieur. Cependant, les huit autres relèvent de compétences personnelles et interpersonnelles, orientées vers l'utilisation des connaissances théoriques pour l'analyse et la résolution de problèmes en ingénierie, l'investigation qui consiste en l'utilisation des méthodes et stratégies impliquant l'expérimentation, l'analyse et l'interprétation des données, la conception de systèmes qui répondent à des besoins spécifiques tout en tenant compte des risques sur la santé, l'environnement ainsi que des aspects juridiques, éthiques, économiques et sociales. Ainsi, l'ingénieur doit être conscient des problématiques

relatives à ces aspects, en dehors de ses activités. Ingénieurs Canada (2015) insiste qu'il soit de la responsabilité des universités et établissements de formation des ingénieurs de s'assurer que les programmes d'étude sont évalués vis-à-vis de ces compétences requises et que les résultats d'évaluation permettent leur amélioration continue.

Ainsi, après avoir discuté certaines tensions que soulève la pratique d'ingénierie dans les composantes et dimensions qu'elle implique du point de vue scientifique et social, d'une part, et après avoir établi l'état des lieux et la diversité des enjeux autour de la formation des ingénieurs et ses finalités, d'autre part, nous avons établi ainsi que les différents points de vue s'accordent qu'un ingénieur n'est plus vu comme un spécialiste disciplinaire exclusivement, mais fait appel dans sa pratique à un ensemble de compétences et d'aptitudes non disciplinaires.

Dans ce sens, plusieurs orientations de formation ont été proposées par différents acteurs concernés, afin de proposer des dispositifs éducatifs qui permettent aux étudiants d'atteindre ce but et de construire les savoirs et compétences attendus chez les ingénieurs tout en les formant à confronter la complexité des problèmes de la vie professionnelle (Litzinger, Lattuca, Hadgraft et Newstetter, 2011 ; Mathew et Hughes, 1994 ; Mills et Treagust, 2003).

### 3. LES ÉCRITS DANS LE DOMAINE

#### 1.1. Adéquation des formations aux besoins de la pratique

Devant ces préoccupations de la formation en ingénierie et ses finalités, « l'un est confronté au dilemme de savoir comment analyser et encadrer correctement les problèmes liés à la formation

en ingénierie et développer tout autant un ensemble de solutions réalisables » [Traduction libre]<sup>10</sup> (Owens et Fortenberry, 2007, p. 429).

Ainsi, une nécessité s'affirme de plus en plus selon ce point de vue afin de concevoir des modèles de formation en génie dont la préoccupation centrale serait d'encourager le développement des compétences nécessaires pour un ingénieur, ainsi que les connaissances et habiletés, pour bien accomplir sa mission dans sa future profession, vu que « les modèles de transformation antérieurs liés à la formation d'ingénieur se sont concentrés exclusivement sur les aspects pédagogiques et didactiques<sup>11</sup> de la conception d'ingénierie » [Traduction libre]<sup>12</sup> (Ibid., p. 432).

Dans ce sens, plusieurs initiatives ont été proposées comme pistes de solution pour la relève dans la formation d'ingénierie. Des interventions sous forme de projets éducatifs aux États-Unis se sont basées sur cette prémisse d'inclure des situations réelles de la pratique d'ingénierie comme moyen de remédiation. Des programmes d'échange pour ingénieurs en formation se font entre la faculté concernée et les industries spécialisées selon le domaine disciplinaire en génie, comme l'exemple de l'échange avec des industries de nanotechnologie au Japon (NanoJapan) ou l'engagement d'un corps professoral et étudiant dans des projets réels chez des entreprises en partenariat avec l'université (NAE, 2012). D'autres facultés ont privilégié l'élaboration de programmes de formation en génie avec l'implantation de plusieurs stages selon un régime

---

<sup>10</sup> « One is faced with the dilemma of how to properly analyze and frame problems related to engineering education and to develop a feasible set of solutions ».

<sup>11</sup> Le mot “didactique” ici renvoie à la notion étymologique du terme « didactical » en anglais renvoyant à la transmission directe, qui n'a pas du tout la même signification qu'en français où il renvoie à la discipline qui étudie les objets de savoirs et leurs articulations en contexte d'apprentissage.

<sup>12</sup> « Previous transformation models related to engineering education have focused exclusively on the pedagogical and didactical aspects of engineering design ».

coopératif ainsi qu'une alternance étude-travail, comme dans le cas de l'université de Sherbrooke et d'autres universités québécoises.

Cependant, il est nécessaire de considérer une piste, qui semble très répandue, et pratiquée dans le cadre de plusieurs formations à caractère professionnalisant. Dans ce contexte, une approche à l'enseignement et l'apprentissage a été proposée comme outil de relève, il s'agit de la démarche d'apprentissage par problèmes (APP), qui a été proposée par plusieurs auteurs comme un outil de réforme de la formation en génie, afin de remédier aux problèmes constatés de la formation et promouvoir les compétences d'ingénieur (Mills et Treagust, 2003 ; Perrenet, Bouhuijs et Smits, 2000 ; Warnock et Mohammadi-Aragh, 2016 ; Yadav, Subedi, Lundeberg et Bunting, 2011).

Une approche qui n'est pas nouvelle en génie et assez répandue. En effet, le premier modèle d'APP en génie a été introduit au Danemark en 1974 (Shinde et Inamdar, 2013). Depuis lors, elle a été implémentée dans plusieurs curriculums de la formation universitaire en génie autour du monde, comme au Royaume-Uni, au Canada, aux États-Unis, en Malaisie et d'autres pays (Litzinger, Lattuca, Hadgraft et Newstetter, 2011).

## **1.2. Les recherches sur l'APP**

Les travaux portant sur l'APP se distribuent selon divers domaines disciplinaires et différents niveaux de scolarité (primaire, secondaire et universitaire). En revanche, seulement les travaux sur l'APP dans le contexte de la formation universitaire des ingénieurs constituent l'objet de ce mémoire.

Marra, Jonassen, Palmer et Luft (2014) explicitent le contexte d'introduction de l'APP : « Initialement, l'APP était le résultat d'un besoin éducatif - pour aider les étudiants des facultés de médecine à apprendre les connaissances en sciences fondamentales de manière plus durable tout

en aidant à développer leurs compétences cliniques simultanément » [Traduction libre]<sup>13</sup> (p. 222). Il est à noter que cela explique l'extensivité des travaux sur l'APP en médecine et sciences de la santé, étant le domaine d'émergence de l'APP à l'origine, en comparaison avec les autres domaines (comme en génie). En effet, plusieurs méta-analyses et revues systématiques ont été repérées en médecine et sciences de la santé lors de cette recension générale des travaux sur l'APP (Albanese et Mitchell, 1993 ; Berkson, 1993 ; Dochy, Segers, Van den Bossche et Gijbels, 2003 ; Vernon et Blake, 2009) mais aucune en génie. De plus, peu d'études sur l'APP en génie ont été recensées par rapport aux sciences de la santé, où dans certaines revues systématiques, seulement trois études sont rapportées en génie sur un total de 201 études dans tous domaines confondus (Walker et Leary, 2009), alors qu'aucune de ces études ne constitue une publication évaluée par les pairs avec deux qui sont des thèses de doctorat non publiées et un article de conférence.

Ainsi, ce point constitue un élément qui renforce la pertinence scientifique de cette recherche qui constituera en plus l'une des premières analyses systématiques sur l'APP en génie, et pourra apporter un important éclairage conceptuel servant de guide non seulement autour de l'avancement des connaissances scientifiques sur l'APP en tant qu'objet de recherche, mais aussi sur les modalités et approches à la formation des ingénieurs.

### **1.3. Le choix de conduire une revue de littérature systématique**

Plusieurs termes et expressions sont utilisées d'une façon interchangeable pour désigner parfois différentes méthodologies en éducation qui réfèrent à des réalités parfois différentes : revue de littérature, revue systématique, synthèse et méta-analyse (Cooper, 2017). Une parmi ces expressions pouvant inclure les autres mentionnées ici serait « revue de littérature » qui occupe

---

<sup>13</sup> « PBL was initially developed out of an instructional need wanting to help medical school students learn basic sciences knowledge in a way that would be more lasting while helping to develop their clinical skills simultaneously ».

une place centrale dans toute recherche, par son importance dans la dissémination des travaux de recherche ainsi que dans le modelage et la justification de futures recherches (Suri et Clarke, 2009). Il s'agit dans sa généralité d'une étape essentielle à tout processus de recherche, permettant ainsi d'établir un portrait sur l'état des lieux sur un objet de recherche particulier, pouvant adopter différentes échelles et perspectives, différents objectifs, et de mettre en évidence d'importantes questions non résolues par les recherches antérieures au regard de cet objet (Cooper, 2017 ; Evans et Kowanko, 2000).

La revue de littérature peut ainsi être catégorisée selon deux grands types. Elle peut être systématique ou non systématique. Nous nous tiendrons à expliciter les revues à caractère systématique, étant notre objet d'intérêt.

Ce type de revue explore et évalue les impacts de certains objets en recherche, surtout au sein des disciplines des sciences de la santé et de la médecine. En éducation, ce type de revues n'est pas abondant mais lorsqu'il y a lieu, il est souvent question d'interventions éducatives ou des approches particulières (Cohen, Manion et Morrison, 2007). Il s'agit d'une synthèse d'autres analyses dispersées dans la littérature, de deuxième niveau, une « analyse d'analyses », et ce, en combinant, souvent d'un point de vue quantitatif, les résultats de ces études diverses selon certains paramètres de mesure comparables (Ibid.). Certains auteurs définissent la méta-analyse comme une technique statistique fournissant une description sommaire des résultats au sujet d'un objet d'étude particulier (Swanson, 2001, Dans, Lenoir, 2012).

En revanche, plusieurs éléments sont à prendre en considération à l'égard de l'utilisation des méta-analyses dans le contexte d'objets de recherche en éducation. Ainsi, dû à ces spécificités d'agrégation et comparaison des méta-analyses, les objets comparés ou mis en relation devraient être conceptuellement équivalents et comparables, c'est-à-dire, traitant d'un réseau de construits



et de relations en commun et fondés sur un nombre élevé d'études pour soutenir une certaine puissance statistique aux conclusions à l'issue de la méta-analyse (Lipsey et Wilson, 2000).

Ce type d'analyse permet d'évaluer la taille d'effet, un indicateur de force des relations entre plusieurs facteurs ou phénomènes afin de tirer des généralisations possibles et relever certaines variations entre les résultats des études analysées qui peuvent faire l'objet de nouvelles recherches à encourir (Cohen, Manion et Morrison, 2007 ; Lenoir, 2012).

En contrepartie, les synthèses sont des revues systématiques descriptives qui traitent d'un certain nombre d'études sur un objet de recherche particulier sans vouloir l'exhaustivité, la généralisation ou la puissance statistique ou quantitative, surtout qu'il s'agit d'un type de revue qualitatif (Lenoir, 2012). C'est donc selon cet élément que notre choix a été de conduire une analyse systématique qualitative. Ce choix s'explique aussi par une ampleur et efforts considérables à déployer pour conduire généralement une méta-analyse, ce qui n'est raisonnable dans le cadre d'un mémoire de maîtrise.

#### 4. QUESTION DE RECHERCHE

En conclusion, à la suite des éléments relevés dans la problématique, les écrits de la littérature scientifique recensés sur la nature de la profession d'ingénieur soutiennent que cette dernière ne peut se baser exclusivement sur les connaissances disciplinaires et techniques en excluant les compétences de la pratique. De plus, la réalité de la formation en génie suggère plusieurs défis à cet égard, se caractérisant par une distanciation affirmée par rapport à la pratique professionnelle, dans laquelle l'APP est proposée comme une approche de formation qui présente un potentiel de relèvement de la formation en génie.

De plus, devant le manque des études ayant tenté de caractériser l'APP dans une vue d'ensemble spécifique au génie à lumière des constats précédents, nous formulons, ainsi, nos préoccupations dans le cadre d'une analyse systématique des écrits scientifiques traitant de l'APP en contexte de formation des ingénieurs par la question de recherche suivante : Que nous apprennent les publications scientifiques dans les revues évaluées par les pairs sur l'APP dans la formation universitaire des ingénieurs?

## CHAPITRE 2. CADRE DE RÉFÉRENCE

Dans cette section, nous proposons l'élaboration et la construction d'un cadre permettant la description du point de vue des publications scientifiques ayant étudié l'APP dans le contexte de la formation universitaire en génie. En effet, la définition se rapportant à l'APP soulève plusieurs débats, et suggèrent une diversité de représentations et de conceptions (Albanese et Mitchell, 1993 ; Barrows, 1986 ; Maudsley, 1999; Savin-Baden, 2014). Cette diversité aura une attention particulière dans ce chapitre afin de construire un cadre qui propose des attributs conceptuels de l'APP dans le contexte de la formation universitaire en génie.

De plus, plusieurs auteurs situent l'APP dans un contexte de relations particulières entre trois pôles majeurs : L'enseignant, l'apprenant et le contenu (Azer, Mclean, Onishi, Tagawa et Scherpbier, 2013 ; Majoor, Schmidt, Snellen-Balendong, Moust et Stalenhoef-Halling, 1990 ; Sockalingam, Rotgans et Schmidt, 2012). Dans ce sens, les éléments de la problématique ont conduit à considérer l'APP comme un outil éducatif proposé dans le cadre d'une formation des ingénieurs qui fait appel à un ensemble de contenus (savoirs, compétences, habiletés). Ainsi, le cadre d'analyse se baserait sur cette prémisse à la lumière de laquelle un système tenant compte de ces relations à trois pôles serait justifié : le système didactique (Chevallard, 1985).

Ainsi, dans ce chapitre, la diversité des conceptions de l'APP et de ses mises en œuvre sera présentée dans une première section, suivie par la description du modèle du système didactique et ses principales composantes pour conclure avec les questions spécifiques de recherche retenues à la fin de ce chapitre.

## 1. LA DÉMARCHE D'APPRENTISSAGE PAR PROBLÈMES (APP)

Constituer les spécificités conceptuelles de l'APP en tant qu'approche éducative soulève des débats et des tensions parmi les acteurs concernés (au niveau professionnel tant au scolaire qu'universitaire et au niveau scientifique). Dans la section suivante, nous nous attarderons davantage sur le niveau universitaire.

### 1.1. Une diversité de conceptions

Savin-Baden (2014) soutient que l'APP ne constitue pas une seule variante ou méthode particulière mais tout un éventail de méthodes et de mises en œuvre possibles interreliées en des configurations particulières appelées par l'auteure « constellations » permettant, selon cette dernière, de catégoriser les approches d'APP. Elle propose ainsi des catégories pouvant constituer un noyau pour la construction d'un cadre d'analyse tenant en compte des dimensions particulières de l'APP (Savin-Baden, 2014). Ainsi, le type du problème utilisé qui peut prendre la forme d'un projet avec la production d'un artefact, ou un problème axé davantage vers la théorie ou un autre davantage vers la pratique. À cette réflexion peuvent s'ajouter, dans le cadre de ce mémoire, des problèmes d'ingénierie de type conception, optimisation ou d'autres types. D'autres exemples de catégories ont été proposées par Savin-Baden (2014) impliquant d'autres processus en jeu dans l'APP comme le niveau d'interaction pouvant être mené par exemple par le problème ou la pratique, le niveau de médiation de l'apprentissage semble une catégorie clé pour ce mémoire examinant ainsi l'implication de l'enseignant et de l'apprenant dans l'appropriation des contenus. Ces catégories ne sont données qu'à titre d'exemples afin de montrer leur pertinence dans le cadre de ce mémoire tout en insistant qu'une prémisse au fondement de ce cadre est d'ouvrir les

catégories plutôt que les fermer car d'autres éléments peuvent être repérés dans les articles retenus après l'analyse systématique.

D'autres exemples peuvent illustrer d'autres façons de catégoriser les attributs conceptuels autour de l'APP, ainsi, Barrows (1986) avait déjà établi une « taxonomie » de méthodes d'APP, et considérait sa variante proposée<sup>14</sup>, comme étant seulement "une espèce" dans un genre comportant plusieurs "espèces et sous-espèces" d'approches. Le même constat est soutenu par Maudsley (1999), qui mentionne que la dénomination « problem-based learning » sous-tend un éventail d'approches et de mises en œuvre possibles qui ne renvoient pas toujours à la même signification, et que l'APP comporte une ambiguïté conceptuelle qui devrait être clarifiée avant de chercher à analyser les pratiques d'enseignement se rapportant à cette approche.

Cette diversité s'illustre par exemple dans le fait que plusieurs travaux sur l'APP considèrent que la présence d'une emphase sur l'apprentissage plutôt que sur l'enseignement un attribut caractéristique de cette approche (Duch, Groh et Allen, 2001 ; Pawson *et al.*, 2006), alors que d'autres travaux remettent en cause ces attributs et soulèvent même des effets néfastes causés par l'APP (Kirschner, Sweller et Clark, 2006). Ainsi, l'emphase sur l'apprentissage ou l'enseignement dans la caractérisation conceptuelle de l'APP peut être considéré comme un élément d'analyse systématique des publications à ce sujet.

Une autre composante possiblement exploitable dans l'élaboration d'un cadre d'analyse est la considération que certains auteurs adoptent comme attribut conceptuel de l'APP qu'elle peut être vue comme une approche, c'est-à-dire, « une démarche intellectuelle qui n'implique ni étapes, ni cheminement systématique, ni rigueur particulière » (Aktouf, 1987, Dans Lenoir et al., 2012, p.

---

<sup>14</sup> H. Barrows est considéré l'un des pionniers de l'APP et plusieurs auteurs lui attribuent l'innovation de cette approche éducative dans le contexte de la formation universitaire, et ce, dans les années 1960 en médecine à l'Université McMaster au Canada.

147), comme dans la définition proposée par Barrows et Tamblyn (1980), l'APP est « l'apprentissage résultant du processus de compréhension ou de résolution d'un problème » [Traduction libre]<sup>15</sup> (p. 1). Dans le même ordre d'idées, Torp et Sage (2002) rapportent que cet apprentissage est « un apprentissage ciblé et expérientiel [...] organisé autour de l'investigation et de la résolution de problèmes désordonnés et réels » [Traduction libre]<sup>16</sup> (p. 15).

Ce constat met en lumière certaines tensions entre les auteurs où s'inscrit conceptuellement l'APP. Savin-Baden (2014) critique certaines définitions qui s'inscrivent dans la logique de la méthode, en affirmant que l'énumération de caractéristiques spécifiques et restreintes relatives à la mise en œuvre de cette approche et renvoyant à une dimension strictement pédagogique, ne suffit pas pour révéler les esquisses philosophiques et théoriques à la base de l'APP. Elle considère l'APP comme étant une approche à l'apprentissage « qui est affectée par l'environnement structurel et pédagogique dans lequel elle est placée » [Traduction libre]<sup>17</sup> (p. 198), entre autres, l'environnement disciplinaire, ne permettant pas ainsi de standardiser la mise en œuvre de l'APP en une seule méthode applicable à tout contexte d'apprentissage.

C'est l'analyse systématique proposée dans ce mémoire qui permettra entre-autres de confirmer ou d'infirmer cette prémisse avancée par Savin-Baden (2014) afin de voir si la majorité des définitions recueillies dans les documents analysés tiennent compte majoritairement des aspects pédagogiques, et renvoient à la vision méthodique de l'APP. En revanche, l'analyse systématique ne se limitera pas à la vérification de cette prémisse mais permettra de mettre en évidence les tendances ou orientations de définitions qui se dégagent du discours des auteurs.

---

<sup>15</sup> « The learning that results from the process of working towards the understanding or resolution of a problem ».

<sup>16</sup> « a focused, experiential learning [...] organized around the investigation and resolution of messy, real-world problems »

<sup>17</sup> « that is affected by the structural and pedagogical environment into which it is placed ».

En ce sens, d'autres auteurs décrivent l'APP comme étant un dispositif impliquant un processus qui se rapporte plutôt à une méthode, c'est-à-dire, « une suite ordonnée d'opérations à effectuer, sous forme de règles » (Drouin, 1988, Dans Lenoir et al., 2012, p. 147). À titre d'exemple, Schmidt (1983) considère l'APP comme un processus ordonné à sept étapes : (1) Clarification des termes et concepts du problème; (2) Définir le problème; (3) Analyse du problème; (4) Inventaire systématique des éléments d'analyse du problème; (5) Formulation des objectifs d'apprentissage; (6) Collecte d'informations individuelles; (7) Synthèse et discussion des informations collectées en vue de la résolution de problème en proposant de nouvelles questions.

L'analyse systématique pourrait déterminer s'il s'agit de la seule façon de voir le déroulement du processus de l'APP en génie et de s'ouvrir suffisamment dans les éléments de la grille d'analyse pour permettre d'incorporer d'autres attributs potentiels dans les publications analysées. Dans cette diversité, d'autres attributs faisant référence à cette dimension pédagogique énoncée dans cette hypothèse peuvent être repérés ou pas dans les publications à analyser, comme la diminution des conférences magistrales et la disponibilité d'un temps suffisant permettant l'étude autonome des étudiants (Schmidt et al., 2009 ; Barrows, 1996) ou encore la constitution de petits groupes ou de large groupes d'étudiants autour dans la résolution de problèmes (travail d'équipe) (Albanese et Mitchell, 1993 ; Hmelo-Silver, 2004 ; Woods, 1996).

## **1.2. Le problème**

Une autre hypothèse qui peut être avancée et vérifiée par l'analyse systématique est la suivante : « Un consensus général est que la principale caractéristique de l'APP est la

contextualisation de l'apprentissage dans un problème présenté aux étudiants sans aucune étude préparatoire en la matière » [Traduction libre]<sup>18</sup> (Klegeris et Hurren, 2011, p. 408).

Le problème en APP est un élément qui semble du moins constitutif d'une des appellations faisant référence à cette approche « apprentissage par problèmes »<sup>19</sup> ou en anglais « problem-based learning », mais cela n'empêche aucunement la possibilité que l'analyse systématique peut montrer d'autres expressions ou appellations faisant référence à l'APP (Maudsley, 1999 ; Savin-Baden, 2014).

Cependant, une consultation préliminaire de certaines publications sur le sujet semble indiquer qu'il n'est pas question d'un seul type de problème en APP. En effet, plusieurs auteurs ont examiné cette question en évoquant une typologie de problèmes et leurs caractéristiques, pouvant servir d'exemples pour illustrer les manières de concevoir le rôle du problème en APP (Jonassen, 1997 ; Jonassen et Hung, 2008 Savin-Baden, 2014 ; Sockalingam et Schmidt, 2011 ; Walker et Leary, 2009). Ces constats non systématiques peuvent être discutés à la lumière des résultats de l'analyse systématique encourue dans le cadre de ce travail.

À titre d'exemple, Jonassen (2000) énonce que les problèmes ne sont pas tous équivalents en fonction de leur contenus, forme ou processus. Il explique que, pour lui, les problèmes diffèrent au niveau de trois facteurs : Niveau de structure, complexité et niveau d'abstraction.

Le premier facteur est illustré dans les travaux de Jonassen (1997) lorsqu'il a énoncé que les problèmes sont classés selon deux niveaux de structuration : les problèmes bien-structurés « well-structured problems » et les problèmes mal-structurés « ill-structured problems ». Pour le définir,

---

<sup>18</sup> « There is general agreement that the primary defining feature of PBL is the contextualization of learning in a problem presented to students without any preparatory study in the subject matter ».

<sup>19</sup> Suivant l'expression utilisée par Barrows (1996) en anglais étant considéré un pionnier de cette approche, le choix de l'acronyme « APP : apprentissage par problèmes » a été effectué dans le cadre de ce mémoire traduit directement de l'expression de Barrows (1996) « *problem-based learning* ».



Jonassen (1997) énonce qu'un problème mal-structuré possède multiples solutions possibles, qu'il appelle « solution paths » (p. 65), et dans ce sens, certains problèmes peuvent ne pas comporter de solutions. Il ajoute ainsi qu'un problème mal-structuré comporte moins de paramètres et d'éléments conceptuels manipulables qu'un problème d'application bien-structuré. La description du problème n'est pas pleinement explicitée et l'information nécessaire pour le résoudre n'est pas contenue dans l'énoncé. Ainsi, l'étudiant est confronté à un certain doute dans le choix des concepts et principes nécessaires pour une réponse donnée ainsi que dans le choix des stratégies d'organisation de ces éléments en vue d'une solution particulière. Ce type de problèmes émerge d'un contexte spécifique et défini vu qu'il s'agit de situations rencontrées dans la vie réelle, il est parfois appelé « problème émergent » (Jonassen, 2000).

En effet, après avoir analysé des centaines d'énoncés de problèmes, Jonassen (2000) propose une typologie détaillée de 11 types de problèmes. Dans cette typologie, nous pouvons identifier certains problèmes présentant des contraintes, sont hautement structurés et abstraits, donc détachés de tout contexte spécifique. Il s'agit des problèmes logiques et algorithmiques, qui impliquent généralement de suivre une procédure particulière itérative indépendamment du contexte concerné et se rapportent généralement aux mathématiques. À l'autre extrême de cette typologie, nous pouvons trouver les dilemmes qui sont des problèmes qui ne présentent pas de structure définie et ne possèdent souvent pas de solutions consensuelles ou satisfaisantes, mais plutôt des solutions controversées, impliquant souvent des considérations assez complexes et nombreuses, nécessitant des ressources dépassant le cadre de l'enseignement, par exemple le problème de la pollution ou du décrochage scolaire. Cependant, il est à noter que cette typologie ne s'inscrit pas spécifiquement dans le contexte de l'APP (Walker et Leary, 2009), ni d'ailleurs dans le domaine du génie, mais elle peut être une indication de comparaison et d'analyse dans la discussion des résultats de l'analyse systématique encourue par rapport au problème.

Il est à souligner qu'une proposition de conceptualisation de l'APP n'est pas un objectif de notre analyse ni de prendre position dans les débats sur la nature conceptuelle de l'APP, sans pour autant diminuer la pertinence scientifique et sociale d'une telle entreprise. Cependant, nous cherchons à décrire les conceptions, justifications et mises en œuvre de cette approche dans le contexte de la formation des ingénieurs à travers une analyse systématique dans ce domaine des publications scientifiques. Cela est justifié par la précarité de ce type d'analyse en génie tel qu'il a été identifié à la fin de la problématique, et pouvant apporter un éclairage sur une question qui suscite tant de tensions et débats qui pourrait guider les acteurs concernés à penser et mettre en place des mises en œuvre d'APP à la lumière de cette analyse systématique qui permettra une vue d'ensemble des écrits en la matière plutôt que de se baser seulement sur des études individuelles ou isolées.

## 2. L'APP AU SEIN DU SYSTÈME DIDACTIQUE

Devant la diversité des représentations autour de l'APP, un outil conceptuel qui permettra d'établir une grille d'analyse systématique et la description conceptuelle de l'APP en génie est le système didactique. Ce concept a été proposé par Chevallard (1985) dans le contexte de la didactique des mathématiques, mais ne se limite cependant pas à cette discipline. Chevallard (1985) présente ce concept comme un système de relations qui se rapporte à un « jeu qui se mène [...] entre un enseignant, des élèves, et un savoir [...]. Trois places donc : c'est le système didactique. Une relation ternaire : c'est la relation didactique » (Chevallard, 1985, p. 17). Ces relations peuvent alors s'harmoniser ou s'effectuer sous forme de tensions (Reuter, 2013). Ainsi, ce modèle a l'avantage de s'ouvrir et ne pas imposer une certaine articulation aux relations entre ces trois pôles, permettant donc une description des conceptions relevés dans la littérature scientifique autour de l'APP.

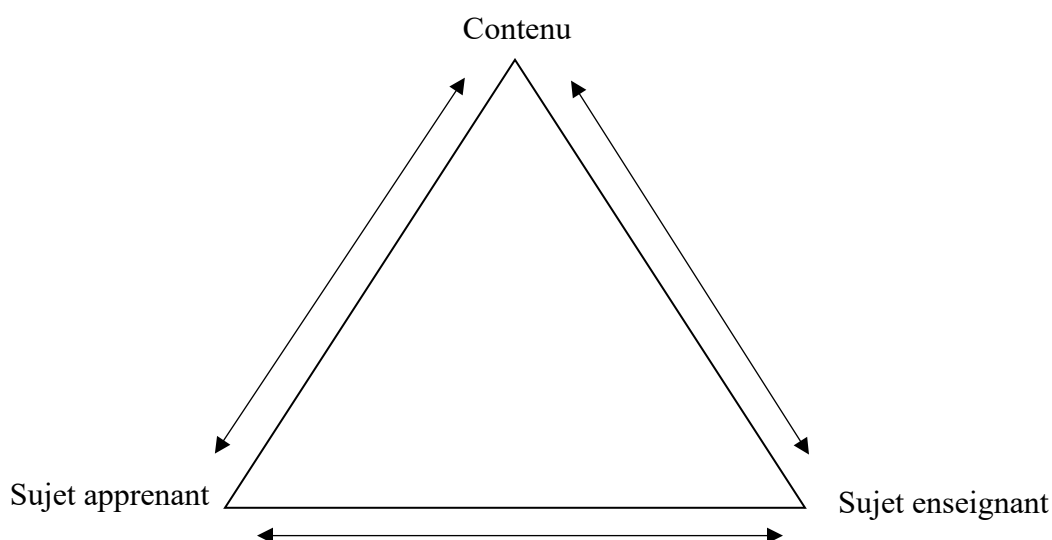


Figure 2. Le triangle didactique – Représentation schématisée du système didactique (Adapté de Chevallard, 1985)

La modélisation de ce système (voir Figure 2) constitue un modèle ternaire ce qui l’oppose dans ce cas à d’autres visions de ce modèle qui le présentent comme un modèle binaire faisant abstraction du contenu, où « la relation enseignant-contenu d’enseignement est privilégiée, comme si l’enseignement des contenus pouvait être pensé en dehors de leur apprentissage par les apprenants » (Reuter, 2013, p. 206). Ainsi, ce type de modélisation où il est question d’une dualité exclusive enseignant-apprenant n’est pas l’objet de la didactique en tant que champ théorique mais peut constituer l’objet d’autres champs possibles, « elle peut être envisagée par la pédagogie, par la psychologie, de même que par d’autres disciplines, comme la psychanalyse ou la sociologie » (Reuter, 2013, p. 205).

En ce sens, la prise en compte du contenu en tant que pôle à part entière « si curieusement oublié » (Chevallard, 1985, p. 17) et son articulation dans le système didactique constitue un élément essentiel à l’approche didactique mais non spécifique à cette dernière. En effet, le pôle du contenu peut être appréhendé dans ce système selon deux relations didactiques: soit avec l’enseignant ou l’apprenant. C’est avec ce dernier, l’apprenant, que s’établit l’objet qui concerne

un plus grand nombre de disciplines à part la didactique (Reuter, 2013). Dans le cas de l'APP, l'inclusion du pôle du contenu est pertinente vu que la formation en génie a pour finalités (comme mentionné dans la problématique) de construire un ensemble de connaissances disciplinaires et non disciplinaires qui serait pris en compte dans ce modèle à travers le pôle du contenu, et décrire le statut du problème par rapport à ce pôle, et dans le système didactique en général.

Autre fait important à noter est que le concept de « système didactique » n'est pas exclusif à une approche éducative plus qu'une autre ou à un domaine disciplinaire en particulier, c'est un système qui se décline selon l'ancrage disciplinaire d'un de ses pôles en particulier, étant le contenu. Le système didactique est ainsi considéré comme un outil conceptuel qui aide à décrire l'ensemble des relations didactiques impliquant les trois pôles concernés, et ce avec l'avantage de flexibilité dans tout environnement éducatif ou situation d'apprentissage où les trois pôles en question interagissent, comme dans le cas de l'APP dans le contexte de la formation en génie.

### **1.1. L'étudiant en génie en tant que sujet apprenant**

Le terme apprenant désigne l'étudiant. Cette expression renvoie à « tout sujet didactique en situation d'apprentissage » (Reuter, 2013, p. 205). Elle présente l'avantage de ne pas se limiter à un milieu d'apprentissage particulier mais renvoie à toute situation d'apprentissage qu'elle soit scolaire, universitaire ou professionnelle, « toute relation où une personne reçoit un contenu transmis intentionnellement par une autre » (Reuter, 2013, p. 204), dans ce cas, tout étudiant en formation de génie.

L'étudiant est vu alors selon une dimension particulière en tant que sujet en situation d'apprentissage, donc en position d'apprenant, excluant ainsi les autres dimensions possibles (sociologique, psychologique, etc.). Dans le cadre de ce mémoire, l'apprenant fait ainsi partie d'un

ensemble d'acteurs « en tant qu'ils sont constitués par des relations d'enseignement ou d'apprentissage, relations institutionnalisées à des contenus » (Reuter, 2013, p. 87).

L'apprenant dans ce système est aussi sujet, ce qui implique certains aspects se rapportant à l'interaction et rapports entre les acteurs dans toute structure sociale. Il agit dans un système, et s'inscrit dans une institution avec un ensemble de rapports pouvant être en harmonie ou en tension (avec le contenu ou l'enseignant en ce qui concerne le système didactique). L'apprenant exerce ainsi un rôle particulier par son statut dans ce système, mais réagit en même temps, est « assujetti » dans ses rapports aux autres pôles. Dans certaines conceptions de l'APP, il peut donc acquérir (Barrows, 1996) ou pas (Savin-Baden, 2014) une certaine autonomie dans son apprentissage dans un double rapport avec le contenu et l'enseignant, ce qui constituera un élément à relever dans d'autres conceptions de l'APP par la grille d'analyse proposée. L'apprenant se construit et s'inscrit donc au sein de ce même système de relations socio-institutionnelles qu'il subit et exerce en même temps, à des savoirs et contenus d'apprentissage médiés plus ou moins par l'enseignant (Reuter, 2013).

Reuter (2013) explique que le sujet apprenant est triplement situé. Il est ainsi situé institutionnellement que ça soit à l'école, à l'université, un centre de formation, etc. Ceci lui confère un statut particulier (sujet scolaire, universitaire, etc.), qui lui attribue à son tour un ensemble de responsabilités et de positions s'inscrivant dans une topogénèse spécifique par rapport à un contenu, qui peut se traduire par la description des tâches d'apprentissage comme élément de la grille d'analyse. De plus, les relations entretenues par l'apprenant sont aussi situées pédagogiquement « par des choix dans les principes et les modes de travail » (Ibid., p. 88). Ces choix peuvent s'illustrer par des méthodes de travail particulières impliquant par exemple un certain niveau d'engagement ou d'autonomie des étudiants dans le processus d'apprentissage. Finalement, l'apprenant se situe aussi dans une structure disciplinaire dictée par le contenu en tant

qu'élément essentiel du système didactique, et permettant ainsi des manières de faire, des pratiques, des pensées particulières spécifiques par cet ancrage disciplinaire particulier, ce qui confère à l'apprenant, par cette triple situation, un statut « loin d'être figé, se transforme en référence à la temporalité d'une relation didactique au sein de laquelle il occupe une position particulière face à des objets de savoir déterminés » (Reuter, 2013, p. 90).

Ces considérations conceptuelles se traduisent, entre autres, par le repérage et la description d'une typologie particulière du problème qui serait spécifique ou non aux ingénieurs et à leur manière de penser, dans les publications à analyser.

Ainsi, à la suite de ces éléments conceptuels sur l'apprenant, les critères retenus pour l'élaboration de la grille d'analyse se résument comme suit : Attributs des apprenants (contexte disciplinaire et niveau de formation); Description du niveau d'engagement et d'autonomie des apprenants en APP; Description des tâches conférées à l'apprenant; Description du rôle de l'apprenant par rapport aux savoirs et à l'enseignant en APP.

## **1.2. Le sujet enseignant**

La relation entre enseignement et apprentissage reste, dans les écrits, souvent étroite et laisse entendre une causalité sous-jacente, avec l'utilisation d'expressions comme « enseignement-apprentissage » (Reuter, 2013) ou laissant entendre des relations du type « s'il n'y a pas d'apprentissage, alors il n'y a pas eu d'enseignement » (Dessus, 2008, p. 5).

En revanche, plusieurs auteurs ont argumenté pour un lien non causal entre l'enseignement et l'apprentissage (Ibid.). Dans ce sens, transmettre un contenu par l'enseignant ne signifie pas systématiquement son appropriation par l'apprenant (Reuter, 2013). « Au sein de la même situation peuvent donc s'articuler, se superposer, se croiser... ces deux processus que sont l'enseignement et l'apprentissage » (Ibid., p. 92).

Ainsi, ces rapports s'articulent de différentes manières et ne peuvent être considérés figés ou rigides. Ils se montrent donc « complexes et on ne peut les réduire à une relation de cause à effet » (Reuter, 2013, p. 92). Ces processus en question diffèrent au niveau de l'apprenant et de l'enseignant : « on peut apprendre sans enseignement et on peut enseigner sans entraîner un apprentissage » (Dessus, 2008, p. 5).

D'après ces considérations, la fonction enseignante au sein du système didactique « consiste à mobiliser des moyens propres à assurer la transmission et l'appropriation des contenus d'enseignement » (Halté, 1992, Dans Reuter, 2013, p. 93). Par contre, elle est vue comme une activité sociale complexe qui peut être considérée selon différents points de vue, la rendant vague et difficile à définir (Dessus, 2008).

Scheffler (2003, Dans Dessus, 2008) a mis en évidence une implication conceptuelle pour le terme « enseigner » : C'est une activité qui peut être vue comme une tâche communicative où l'intentionnalité joue un rôle important. Ce rôle concerne le processus en cours, sans qu'il entraîne forcément de conséquences au niveau de l'apprentissage, c'est-à-dire, qu'il « serait non spécifiquement relié à l'apprentissage effectif des élèves, mais à l'intention délibérée d'enseigner » (Ibid., p. 6). Cette intentionnalité s'articule ainsi selon un jeu « de lecture mutuelle des intentions » (Ibid.) entre l'enseignant et l'élève, impliquant une participation de l'élève, dans lequel l'apprentissage serait indépendant de ces considérations. Ainsi, l'apprentissage peut survenir implicitement, sans la présence d'une intention particulière chez les deux partis, ou peut encore ne pas survenir même lorsque cette intentionnalité est présente. « Enseigner est d'abord une intention de mettre en œuvre cette activité permet de la détacher d'une nécessité de réussite : on peut enseigner même si les élèves n'apprennent pas » (Ibid., p. 7).

D'autres courants de recherche comme celui de l'étude de l'enseignement ont permis de dégager d'autres considérations conceptuelles concernant le processus d'enseignement. Il serait

ainsi un processus comportemental et essentiellement langagier (Dessus, 2008). Dans ce sens, un ensemble de stratégies et tactiques sont mises en œuvre par l'enseignant dans sa relation avec l'apprenant autour d'un contenu d'apprentissage. Ces stratégies de nature comportementales et essentiellement langagières peuvent être analysées par les repérages de certaines régularités (Ibid.). Cependant, ce paradigme n'évoque pas les outils conceptuels pour considérer les processus mentaux non verbaux qui sont omniprésents tout au long du processus d'enseignement (Ibid.).

Ainsi, l'enseignant se situerait dans une relation dynamique et non figée avec l'apprenant. Dans cette relation, ces deux pôles peuvent se situer à différents niveaux, et ce, en référence au troisième pôle didactique étant le contenu d'enseignement. L'enseignant peut ainsi être en avance par rapport à l'apprenant, donc un transmetteur. C'est-à-dire, il est vu comme celui qui connaît le savoir et qui le dispense. L'apprenant occupe dans cette relation un rôle plus passif. Il acquiert ce savoir d'une façon morcelée, décontextualisée et disposée sur une échelle temporelle contrôlée par l'enseignant.

En revanche, la prise en compte du pôle du contenu implique une réflexion autour du problème dans le cadre de l'APP et ses attributs, étant donné qu'il s'agit de l'entité par laquelle le contenu est appréhendé, et ce dans le sens de Laparra et Margolinas (2010) : « une description de la relation pédagogique pourrait être : le professeur enseigne, l'élève apprend. La description didactique est bien différente, car ce qui nous importe c'est ce que le professeur enseigne et ce que l'élève apprend » (p. 145).

C'est dans cette dynamique qu'est caractérisé l'enseignement dans ce mémoire, pouvant être vu de différents angles selon les différents courants théoriques, mais un angle d'approche prenant en compte le contenu est privilégié dans cette recherche. Cependant, il ne s'agit de prendre un positionnement de conceptualisation particulier au regard du processus d'enseignement-apprentissage et le vérifier ensuite par l'analyse systématique, ça fait justement partie de nos



questionnements, mais de vérifier les orientations et tendances qui se dégagent des propos des auteurs à cet égard. En ce sens, des attributs potentiels pour décrire ce processus sont catégorisables selon plusieurs indicateurs. Par exemple, selon leur place et statut dans la relation didactique, c'est-à-dire, à quel point s'investissent les acteurs d'une relation dans ce modèle, ou encore, en vérifiant le degré d'explicitation des savoirs en jeu, ou encore en quoi les apprenants et enseignants facilitent-ils chacun ou pas les processus en jeu (apprentissage ou enseignement). De plus, la place des savoirs dans cette dynamique, leur statut et organisation en vue de l'apprentissage sont aussi des indicateurs pertinents dans la caractérisation conceptuelle de l'APP.

Un autre exemple d'élément qui peut être pris en considération dans l'analyse systématique est que certains auteurs définissent le processus d'enseignement en faisant appel au concept de médiation (Lenoir, 2009; Hasni, Belletête et Potvin, 2018). La médiation se matérialise par « un système objectif de régulation » (Lenoir, 2009, p. 19) qui se fonde d'une part sur le langage en tant que discours (médiation langagière) et sur l'action humaine d'autre part. Elle peut être intrinsèque au contenu lui-même (médiation cognitive), c'est-à-dire, en référence à la connaissance construite par l'apprenant dans son rapport au savoir. Elle peut être aussi extrinsèque, seconde à la première, où l'enseignant facilite et régule la médiation cognitive chez l'étudiant et par conséquent par un rôle particulier qui ne s'assimile plus au rôle d'un simple transmetteur ou décideur du savoir, qui conceptualise la relation enseignant-apprenant dans une seule direction. De façon à ce qu'« il importe de ne pas voir dans cette médiation seconde une simple intervention externe » (Ibid., p. 22). Ce concept de médiation est alors pertinent à considérer comme un critère de la grille d'analyse, sans pour l'autant l'imposer aux discours des auteurs mais l'analyse pourra vérifier si cette notion émerge dans les résultats analysés ou pas.

Ainsi, après avoir exposé d'un point de vue conceptuel et théorique les différentes possibilités envisageables afin de repérer les éléments renvoyant au statut et rôle de l'enseignant en APP, les critères de la grille retenus proposés sont les suivants : Le degré d'intervention de l'enseignant dans l'apprentissage; Le niveau de médiation (s'il y a lieu), les attributs explicites notés par les auteurs pour décrire l'enseignant.

### 1.3. Le contenu

Le contenu désigne dans le système didactique tout objet de savoir, étant d'enseignement ou d'apprentissage (Reuter, 2013), constituant le troisième pôle du système didactique. Cette notion renvoie ainsi au savoir, savoir-faire, compétence mais englobe aussi des valeurs, pratiques, des « rapports à » ou encore des comportements (Ibid.). La définition privilégiée pour ce concept n'est pas réductrice mais a l'avantage d'être englobante, montrant ainsi ses différentes facettes.

Dans ce projet, cette notion a aussi l'avantage de décrire les objets de savoirs au sein du système didactique en contexte de formation d'ingénieurs tout en permettant de les catégoriser selon le point de vue des publications scientifiques traitant de l'APP comme approche éducative.

De ce point de vue, lorsqu'il est question d'objets de savoir étant le contenu, il est pertinent de faire la distinction entre savoir et connaissance. Cette distinction découle des travaux de Brousseau dans les années 1970 en didactique des mathématiques. L'auteur a montré que cette didactique s'est constituée par un processus particulier d'évolution historique et social, « fondée par des ruptures » (Margolinas, 2014), et ce, caractérisant l'émergence des savoirs scientifiques et le propre de l'activité scientifique en général. Ainsi, pour Brousseau (1986), le travail de l'étudiant serait « par moments comparable à cette activité scientifique » (p. 284), où des situations éducatives particulières sont pensées et « n'ont de sens chez un sujet que parce qu'elles représentent une solution optimale dans un système de contraintes » (Brousseau, 1978, p. 132).

Cette distinction serait donc caractéristique des relations enseignant-apprenant. D'une part, d'un point de vue épistémologique, la connaissance renvoie à un processus de subjectivation et d'individualisation chez l'apprenant. Elle naît dans une situation et est ainsi reconstruite et intériorisée par l'apprenant, interagissant avec les attributs et l'expérience personnels de celui-ci pour constituer une nouvelle reconstruction mentale (Laparra et Margolinas, 2010 ; Reuter, 2013). Cette dernière « est ce qui réalise l'équilibre entre le sujet et le milieu, ce que le sujet met en jeu quand il investit une situation » (Laparra et Margolinas, 2010, p. 145).

D'autre part, le savoir renvoie à une dimension institutionnelle, en référence à une communauté, ayant passé par un processus d'objectivation et construit par un système théorique formalisé et validé (Laparra et Margolinas, 2010 ; Margolinas, 2014 ; Reuter, 2013). Ainsi, contrairement à la notion de connaissance, le savoir renvoie à une construction d'une réalité qui est dépersonnalisée, décontextualisée selon un processus particulier en contexte d'évolution historique et social.

Une connaissance vit donc dans une situation, alors que le savoir vit dans une institution. Pour définir une connaissance, il faut décrire les situations qui la caractérisent. Pour définir un savoir, il faut déterminer l'institution qui le produit et le légitime, ce qui conduit parfois à considérer plusieurs institutions et leurs éventuels conflits. (Margolinas, 2014, p. 15)

En revanche, il est pertinent de mentionner la particularité dans laquelle se situe la relation entre ces deux concepts savoir et connaissance. En effet, un savoir, selon les attributs conceptuels ci-haut, s'est formé à l'origine d'une connaissance rencontrée et issue d'une situation mais ayant passé par un processus d'institutionnalisation, formulé d'une manière linéaire ou pas, éprouvé, validé et accepté, c'est-à-dire, par une légitimation institutionnelle (Laparra et Margolinas, 2010 ;

Margolinas, 2014). Par la suite, la transmission de ces savoirs en situation d'enseignement-apprentissage « implique l'acquisition de connaissances et donc l'investissement de situations qui permettent leur rencontre (c'est le processus de dévolution) » (Laparra et Margolinas, 2010, p. 145), suggérant ainsi une relation circulaire et complémentaire entre savoir et connaissance, utile dans ce cadre afin de séparer les points de vue de l'enseignant et celui de l'apprenant au regard du contenu en jeu (Ibid.), de plus, dans le cadre de l'APP, cette dévolution peut se manifester dans l'analyse systématique par la vérification de la provenance du problème en rapport à une situation de la réalité de la profession d'ingénieur, donc de l'importance de l'authenticité du problème en APP tel que décrit dans les publications scientifiques.

De plus, la nature des savoirs en génie tel que démontrés dans les discours recueillis dans la problématique suggèrent un ensemble de savoirs disciplinaires, incluant les savoirs conceptuels, et les compétences disciplinaires en lien avec le génie. De plus, un ensemble de savoirs non disciplinaires est mentionné, plus précisément, des compétences transversales de travail d'équipe, esprit critique, esprit analytique, gestion, communication, etc. Sur cette base, les éléments de la grille d'analyse retenus sont les suivants : Principaux objets d'apprentissage visés en explicitant le type des savoirs (s'il y a lieu) ainsi que la place relative des savoirs disciplinaires et non disciplinaires.

### 3. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE RECHERCHE

Ces considérations conceptuelles et théoriques nous conduisent à déterminer nos choix pour la construction du cadre d'analyse pour notre projet. Ainsi, parmi les regards possibles pouvant être portés sur l'APP dans la formation universitaire des ingénieurs, nous proposons de conduire une étude synthèse sur ce qui se dit autour de cette approche à travers une analyse systématique des publications dans les revues scientifiques évaluées par les pairs.

À l'issue de notre cadre, ces choix en question s'illustrent par la formulation des objectifs spécifiques de recherche suivantes :

- Repérer les attributs permettant de définir l'APP et les justifications retenues par les auteurs pour soutenir le recours à l'APP.
- Décrire le statut accordé au problème et les attributs utilisés pour le définir.
- Relever le(s) rôle(s) respectifs de l'apprenant et de l'enseignant dans le cadre de l'APP.

## **TROISIÈME CHAPITRE: MÉTHODOLOGIE**

Ce chapitre vise à décrire les modalités d'opérationnalisation des objectifs de recherche de ce mémoire à l'issue du deuxième chapitre sur le cadre de référence, et ce, sur le plan méthodologique. Nous présenterons ainsi le type de recherche, suivi des procédures d'échantillonnage des publications et de la procédure de collecte de données et de leur traitement.

### **1. TYPE DE RECHERCHE**

Notre recherche vise à décrire le point de vue des publications scientifiques sur l'APP dans la formation universitaire en génie. Il s'agit ainsi d'une recherche descriptive, c'est-à-dire, qui « consiste à décrire la réalité en utilisant une ou plusieurs stratégies d'observation [...] menant à induire une connaissance par caractérisation, classification » (Van der Maren, 2003, Dans Lenoir et al., 2012, p. 40). En outre, notre étude se situe dans un type particulier de la recherche descriptive étant la revue systématique au sens de « revues descriptives, et souvent critiques, d'un certain nombre de recherches portant sur le même objet, mais sans les traiter quantitativement » (Lenoir et al., 2006 Dans Lenoir et al., 2012, p. 53). En revanche, ce mémoire ne s'identifie pas selon une posture critique mais plutôt descriptive, en s'alignant avec nos objectifs de recherche. Quelques exemples de revues systématiques peuvent illustrer nos propos et définissent la revue systématique comme une méthodologie explicite et reproductible (Bouck et Park, 2018 ; Hasni, Bousadra, Belletête, Benabdallah, Nicole et Dumais, 2016 ; Oxman et Guyatt, 1993).

Notre recherche est aussi de caractère exploratoire, ce qui implique, qu'elle a pour « but de générer des hypothèses, c'est-à-dire d'examiner un ensemble de données afin de découvrir quelles relations peuvent y être observées » (Van der Maren, 1996, p. 191). Elle vise à explorer les compréhensions autour de l'APP en contexte de formation en génie dans les publications

scientifiques, et ce, en tant que dispositif éducatif afin de permettre aux chercheurs et différents acteurs concernés du milieu éducatif (dans ce cas), d'avoir un portrait sur l'état actuel des connaissances sur l'APP et d'identifier les "zones d'ombre" dans ces connaissances pour de futures recherches possibles (Bouck et Park, 2018).

## 2. CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLON

Notre échantillon est constitué de publications scientifiques traitant de la formation des ingénieurs. L'expression "publication scientifique" est définie comme tout article publié dans une revue scientifique qui a recours à un comité d'évaluation par les pairs dont le processus de sélection et d'acceptation des articles est explicité aux auteurs et aux lecteurs que nous avons pu consulter sur le site Internet de la revue.

Pour la recherche de ces publications, nous avons procédé par l'interrogation des bases de données ERIC (EBSCO) spécialisée en éducation ainsi que les bases Scopus et Compendex spécialisées en génie. Ces bases de données sont accessibles sur le site Internet de la bibliothèque de l'Université de Sherbrooke. Ce choix s'explique par le fait que ces bases de données présentent l'avantage de regrouper les principales revues scientifiques dans le domaine de l'éducation et du génie à travers le monde et permettent une systématisation de la recherche, ce qui n'est pas toujours le cas pour les bases de données en langue française qui ne donnent pas de résultats correspondant à notre objet d'étude en utilisant la stratégie proposée<sup>20</sup>. La sélection des publications s'est ensuite effectuée en deux temps, reflétant les étapes des différentes méthodologies de revue systématique proposées par les auteurs qui ont fait appel à ce type de recherche, nous pouvons en citer : sélection des bases de données, formulation des mots-clés avec leurs déclinaisons, sélection des journaux

---

<sup>20</sup> La stratégie proposée a été essayée avec la base Érudit, donnant 99 résultats dont aucun ne correspond à notre objet de recherche.

avec un comité d'évaluation par les pairs et la rétention des articles dont le titre et/ou le résumé font référence à l'objet à l'étude (Bouck et Park, 2018 ; Hasni et al., 2016).

### 1.1. Critères d'inclusion

En premier lieu, nous avons repéré les publications scientifiques dont le titre contient les mots-clés « problem\* » avec « engineer\* », suivant les multiples déclinaisons possibles par l'utilisation de l'étoile. Concernant la recherche des revues, les mots-clés « engineer\* » et « educat\* » ont été recherchés dans les titres des revues<sup>21</sup>. Ainsi, le mot-clé « engineer\* » a été recherché deux fois, dans les titres des articles ainsi que les revues. Cela a donc permis de repérer les revues scientifiques spécialisées dans la formation des ingénieurs. De plus, viser seulement les publications scientifiques dans les revues évaluées par les pairs nous a permis de constituer un échantillon de taille convenable, dont l'analyse serait faisable dans le cadre de ce mémoire.

Le choix de ces mots-clés a été effectué selon les prémisses suivantes : Premièrement, devant la vaste diversité d'expressions utilisées pour désigner l'APP (Maudsley, 1999 ; Savin-Baden, 2014), nous avons choisi un dénominateur commun à toutes ces expressions qui est « problem\* » en référence à l'hypothèse que le problème serait un élément conceptuel consensuel et représentatif de l'APP dans toutes ses variations (Klegeris et Hurren, 2011).

Deuxièmement, la recherche des mots-clés s'est effectuée seulement dans les titres des publications sous la prémisse que ces derniers regrouperaient les concepts principaux à l'étude, dans notre cas l'APP et la formation des ingénieurs<sup>22</sup>, tout en limitant les résultats à un nombre raisonnable et faisable pour l'analyse.

---

<sup>21</sup> L'utilisation de mots-clés en français n'a donné aucun résultat dans ces bases de données.

<sup>22</sup> Il est pertinent de mentionner qu'il ne s'agit pas exclusivement de la formation en génie dans sa généralité mais aussi de toute branche disciplinaire de celle-ci (génie électrique, civil, mécanique, etc.).



Par la suite, en deuxième lieu, les titres et résumés de chaque publication ont été lus et examinés de manière à ne retenir que celles qui traitent de l'APP, sous forme d'expressions qui renvoient à un dispositif éducatif s'inscrivant dans des questions d'enseignement-apprentissage, comme l'expression anglaise « problem-based learning », ayant permis de circonscrire l'objet d'analyse. D'autres expressions faisant référence à l'APP tel que « problem-solving approach », « problem-based engineering education » ou encore « problem-based collaborative learning » ont aussi été retenues.

Il ne s'agit donc pas de repérer un modèle particulier préconçu de l'APP plus qu'un autre, mais de recenser, en lien avec les objectifs de ce mémoire, les différentes conceptions et modalités de mise en œuvre de l'APP en tant que dispositif éducatif. C'est-à-dire se distancier et montrer une objectivité au sens de Gauthier (1997) « une attitude d'appréhension du réel basée sur une acceptation intégrale des faits (ou l'absence de filtrage des observations autre que celui de la pertinence), sur le refus de l'absolu préalable (ou l'obligation du doute quant à toute conception préexistante) » (p. 4). Ainsi, à la suite de ce processus, 349 articles dans 16 revues ont été obtenus.

## **1.2. Critères d'exclusion**

Les critères d'exclusion lors de la constitution de l'échantillon se sont opérés sur plusieurs niveaux. En premier temps, nous avons limité la recherche des publications aux cinq dernières années 2014-2019. Ce choix particulier se justifie par la nécessité d'avoir un nombre raisonnable de publications à analyser qui est faisable dans le cadre de ce mémoire tout en permettant d'établir un portrait global récent permettant l'analyse.

Par la suite, toute revue dont les publications ne sont pas évaluées par un comité de pairs ou qui ne se spécialise pas spécifiquement dans la formation en génie et en même en éducation a

été exclue<sup>23</sup>. De même pour une revue s'adressant aux professionnels<sup>24</sup> ou publiée par un organisme ou une institution gouvernementale faisant partie d'un ministère ou autre organisme non dédié à la recherche scientifique ou encore d'autres formes de publications comme les livres, des rapports de conférence ou des comptes-rendus n'ont pas été comptabilisés dans l'échantillon.

Ensuite, toute publication dont l'expression « problem » renvoie à la notion générale du mot "problème" au sens commun d'une question à résoudre ou à un point suscitant la réflexion à propos d'un objet particulier ne faisant pas référence à l'APP, a été exclue, comme dans le cas de problèmes autour de la formation d'ingénieurs (Ex. The problem of engineering creativity in Russia: A critical review).

De même pour les publications dont le titre ou le résumé fait référence à une autre approche éducative comme l'apprentissage par projet ont été exclues, à moins que le titre la mentionne conjointement avec l'APP en tant qu'objet d'étude central, comme dans le cas d'une approche combinant l'apprentissage par projets et par problèmes (ex. A problem and Project-Based Learning (PBL) approach to motivate group creativity in engineering education).

Les publications traitant d'un niveau scolaire incompatible avec la formation des ingénieurs au niveau universitaire ont été aussi exclues, comme dans le cas des études portant sur l'APP et l'intérêt des élèves du primaire ou secondaire envers le génie (ex. Engineering education with fourth-grade students: Introducing design-based problem solving).

À la suite de ces critères, nous pouvons illustrer les différentes possibilités et choix méthodologiques envisagés en essayant de viser un domaine disciplinaire spécifique du génie, ou une période temporelle spécifique. Le graphique ci-dessous montre le nombre des articles trouvés

---

<sup>23</sup> Comme le cas par exemple de la revue « *Annals of biomedical engineering* ».

<sup>24</sup> Comme la revue professionnelle « *IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers* ».

en fonction de la stratégie méthodologique employée dans le but que le choix reste raisonnable dans le cadre d'une maîtrise sans pour autant sacrifier le contenu pouvant être dégagé, d'où le choix de 5 ans en tant que compromis. Le choix du génie électrique et informatique dans l'évaluation des stratégies méthodologiques possibles est justifié par l'abondance des publications traitées pour chacun de ces domaines disciplinaires par rapport aux autres domaines du génie et il s'agit donc d'un choix arbitraire non exhaustif.

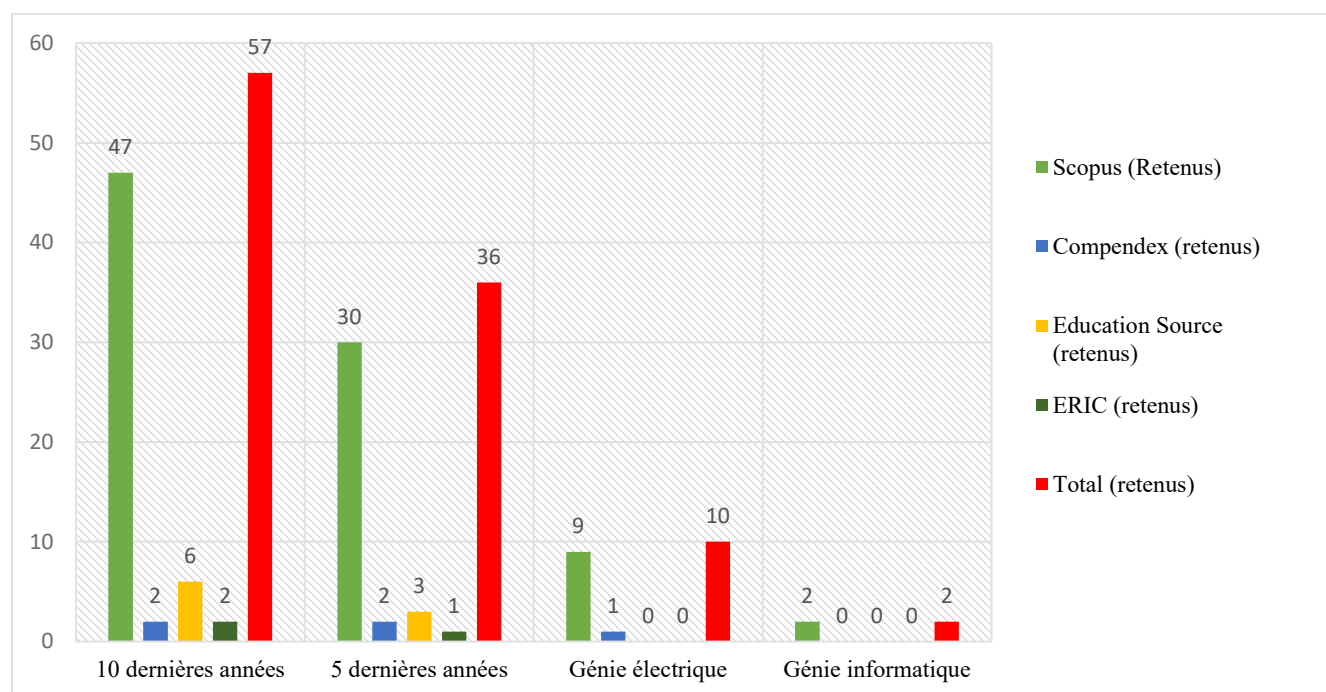


Figure 3. Visualisation du nombre des publications retenues par base de données en fonction de différents paramètres méthodologiques

Les doublons retrouvés entre les bases de données ont alors été supprimés, ce qui a donné au total 36 publications dans 13 revues scientifiques.

Finalement, les publications non accessibles sur le service des bibliothèques et archives de l'Université de Sherbrooke n'ont pas été retenues. Ainsi, l'échantillon constitué par ces choix

méthodologiques est d'un total de 22 publications dans 9 revues scientifiques dont la liste est présentée dans les annexes 1 et 2.

Cet échantillon ne se veut aucunement représentatif au sens statistique mais, a permis de systématiser et de circonscrire notre champ d'analyse, qui consiste parmi les différentes solutions méthodologiques, au sens de Quivy et Van Campenhoudt (1995), à « n'étudier que certaines composantes très typiques, bien que non strictement représentatives, de cette population. Le choix est en fait assez théorique car, le plus souvent, l'une des solutions s'impose naturellement, compte tenu des objectifs de la recherche » (p. 161).

### 3. PROCÉDURES DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES

Les procédures du recueil des données se sont effectuées selon une grille d'analyse composée de 17 éléments (Annexe 3), inspirée des travaux de Hasni et al. (2016) portant sur une approche similaire à notre objet de recherche, l'enseignement par projets. Cette grille a été adaptée à notre objet d'étude ainsi qu'aux objectifs spécifiques du cadre d'analyse. La grille est ainsi composée de quatre sections, dont trois découlant directement de nos objectifs spécifiques de recherche qui tiennent compte des éléments dégagées du cadre d'analyse en permettant de décrire le point de vue des publications scientifiques à l'égard des trois pôles du triangle didactique.

Ainsi, dans la première section, nous retrouvons les informations générales avec l'identification de la référence de la publication, l'affiliation des auteurs, l'endroit géographique de la conduction de l'étude, le champ disciplinaire concerné du génie ainsi que le type de l'étude (résultats d'une recherche empirique, synthèse, conceptualisation théorique, etc.). Cette section sert à contextualiser les publications analysées à l'égard des éléments recueillies dans les sections subséquentes lors de l'analyse.

Dans la deuxième section, nous examinons les conceptions autour de l'APP en identifiant les expressions et définitions rapportées par les auteurs, et ce, par l'identification de(s) concept(s) ou expression(s) utilisée(s) pour la désigner, en dégagant la façon dont elle est définie (dimensions, attributs et indicateurs) et les fondements et justifications qui lui sont associées.

La troisième section renvoie au(x) problème(s), en identifiant sa nature, ses caractéristiques et la place accordée à ce(s) dernier(s) dans l'étude. En effet, plusieurs typologies ont été proposées par certains auteurs du point de vue de leur structure et forme ouverte ou fermée (Jonassen, 1996), alors que d'autres auteurs présentent différentes manières de les catégoriser selon d'autres perspectives (ex. didactique et pédagogique) (Fabre, 1997). Cependant, l'analyse des articles de l'échantillon permettra la mise en lumière d'autres façons de concevoir et catégoriser le problème, son statut et sa fonction en APP.

Finalement, la quatrième section se rapporte aux sens et rôles attribués à l'apprenant d'une part et l'enseignant d'autre part en APP envers le processus d'enseignement-apprentissage, et ce, en recueillant les éléments permettant de dégager les attributs de chacun dans leur relation dans cette approche. Dans ce sens, l'apprentissage est-il médié plus du côté de l'apprenant? Celui de l'enseignant? Quelles rôles et responsabilités attribuées à chacun dans la mise en œuvre de cette approche dans l'étude en question?

La collecte de données consistait à lire chaque publication retenue et repérer les éléments permettant de compléter la grille en inscrivant les extraits pertinents. Par la suite, une fois la grille remplie pour chacune des publications, le corpus d'analyse est donc constitué. Nous utilisons une méthodologie d'analyse qualitative de contenu permettant la catégorisation des unités de sens (Bardin, 2001). Une unité de sens signifie ici la plus petite portion de texte qui comporte du sens à l'égard de la catégorie associée (Hasni et al., 2016).

La définition des catégories de la grille a été effectuée pour permettre une flexibilité entre elles, reflétant la complexité de l'objet à l'étude au sein de la dynamique du triangle didactique. C'est-à-dire, que certaines unités de sens recueillies dans une catégorie peuvent faire partie d'une autre, du fait de la définition même de la catégorie en question, tout en assurant l'exhaustivité des catégories retenues de manière à englober l'ensemble des unités de sens recueillies, et conservant ainsi la complexité des liens où une unité de sens peut comporter plusieurs sens catégorisables. Donc aucune unité de sens recueillie n'a été laissée sans avoir été attribuée à une catégorie.

## QUATRIÈME CHAPITRE. LES RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats de notre recherche. Ils sont exposés en sections prenant en compte nos objectifs spécifiques de recherche. Ce chapitre est ainsi divisé en quatre grandes parties : 1- Les attributs retenus par les auteurs permettant de définir l'APP ainsi que les justifications pour y recourir; 2- Les rôles respectifs de l'apprenant et de l'enseignant dans les publications analysées en APP; 3- Les attributs retenus par les auteurs pour définir et décrire le problème. Ainsi, avant d'entamer la présentation des résultats, nous exposons un portrait global de l'échantillon analysé.

La totalité des 22 publications analysées rapportent des résultats de recherches qui impliquent des données empiriques portant principalement sur l'APP comme objet de recherche. Les auteurs des publications de l'échantillon retenu se classifient selon différentes affiliations facultaires et départementales comme suit: 9 publications d'affiliation éducative (Bermejo et Prieto, 2019; Dringenberg et Purzer, 2018; Lönngren, Adawi et Svanström, 2019; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019; Paniagua, Herrero, García-Pérez et Calvo, 2019; Radcliffe et Kumar, 2016; Ravn et Bo Henriksen, 2017; Van Niekerk et Mentz, 2015; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016) avec le reste de l'échantillon à affiliation disciplinaire.

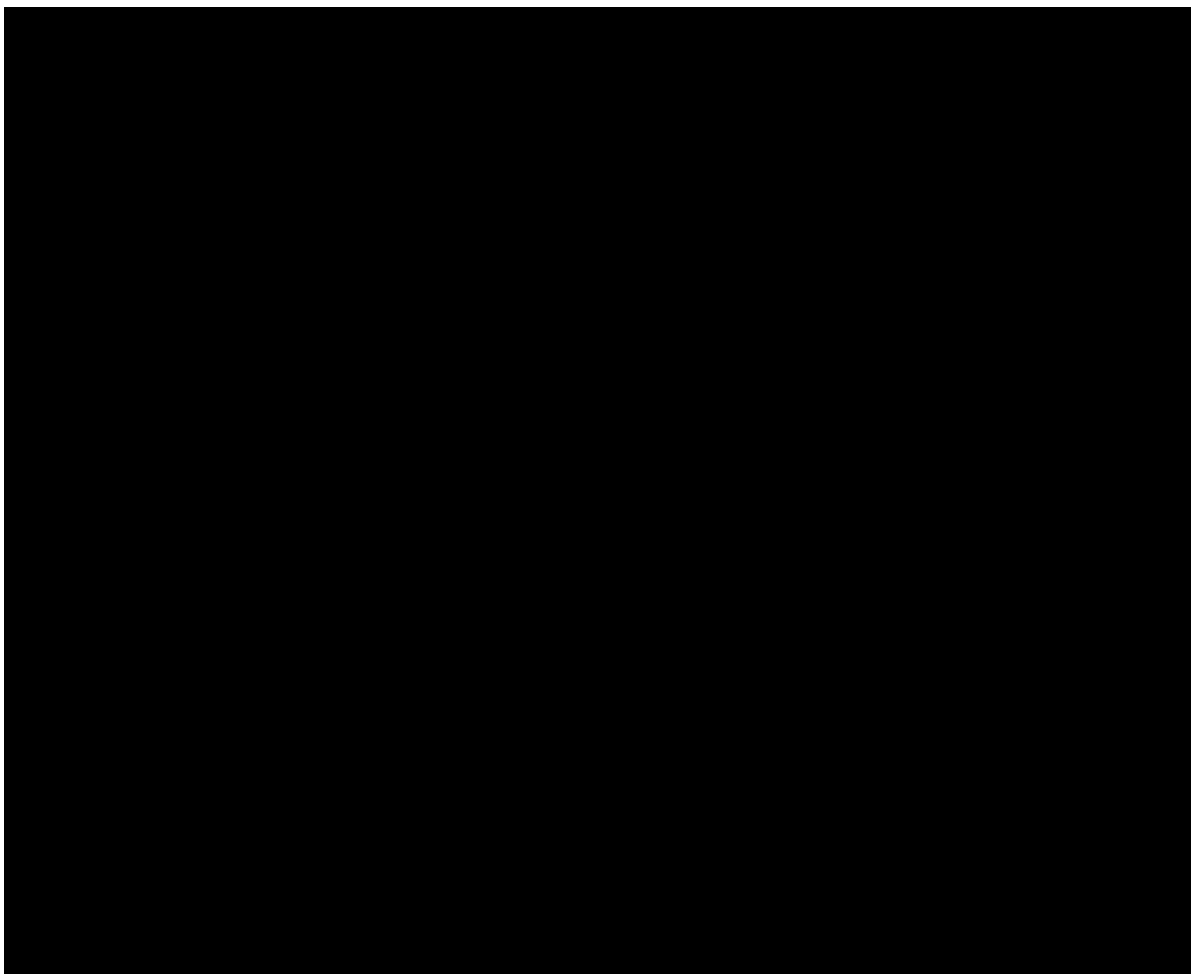


Figure 4. Distribution des zones géographiques des études analysées

La distribution géographique des études analysées s'étend sur les cinq continents. La majorité des publications se situent sur le continent européen avec un total de dix publications : Angleterre (Clegg et Diller, 2019 ; McCrum, 2017 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019), Espagne (Bermejo et Prieto, 2019 ; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; Paniagua, Herrero, García-Pérez et Calvo, 2019), Danemark (Ravn et Bo Henriksen, 2017), Irlande (Johnson et Hayes, 2016), Slovénie (Vidic, 2016), Suède (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019) et Ukraine (Lutsenko, 2018). Cependant, la classification par pays place les États-Unis en première position avec 5 publications analysées, par contre, sur le total du continent américain,



nous en retrouvons, 8 publications : États-Unis (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017 ; Dringenberg et Purzer, 2018 ; Goodman et McDonald., 2016 ; LeDoux et Waller, 2016 ; Li et Faghri, 2016), Brésil (Radcliffe et Kumar, 2016), Canada (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016) et Chili (Bermejo et Prieto, 2019). Ensuite, sur le continent asiatique, nous en retrouvons 3 publications : Chine (Bermejo et Prieto, 2019), Inde (Mantri, 2014) et Malaisie (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016), ainsi que 2 publications sur le continent africain : Afrique du Sud (Swart, 2018 ; Van Niekerk et Mentz, 2015), et finalement, une seule en Océanie : Australie (Nikolic, Ros et Hastie, 2018).

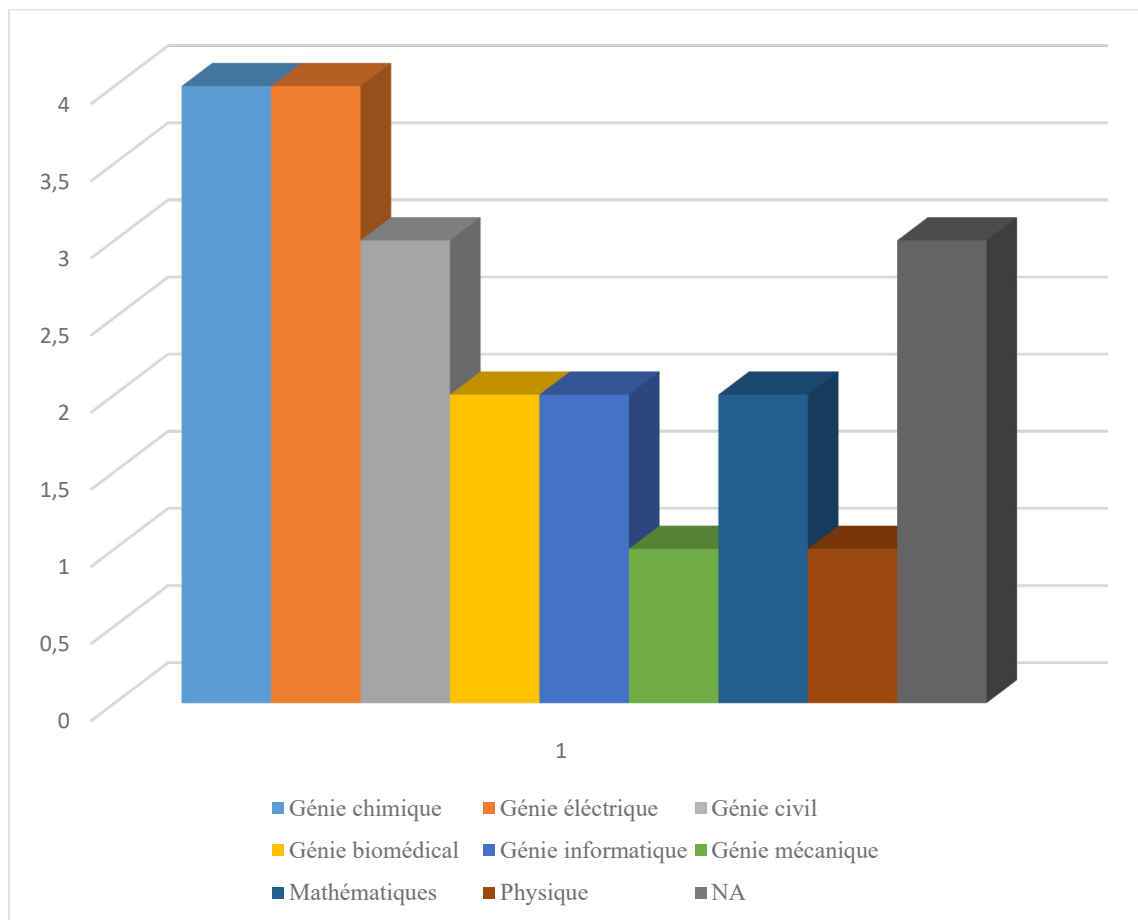


Figure 5. Distribution des champs disciplinaires recueillis dans les publications analysées

Seulement 3 publications ne spécifient pas de champ disciplinaire particulier dans leurs recherches (Dringenberg et Purzer, 2018 ; Radcliffe et Kumar, 2016 ; Swart, 2018), alors que 16 publications se distribuent comme suit : Génie chimique (Bermejo et Prieto, 2019 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019 ; Paniagua, Herrero, García-Pérez et Calvo, 2019 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016), génie électronique (Goodman et McDonald, 2016 ; Mantri, 2014 ; Johnson et Hayes, 2016 ; Lutsenko, 2018), génie civil (Li et Faghri, 2016 ; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; McCrum, 2017), génie biomédical (Clegg et Diller, 2019 ; LeDoux et Waller, 2016), génie informatique (Nikolic, Ros et Hastie, 2018 ; Lönngren, Adawi et Svanström, 2019) et finalement en génie mécanique (Van Niekerk et Mentz, 2015). Trois autres publications ne mentionnent pas un domaine particulier en génie mais des disciplines fondamentales : Mathématiques (Ravn et Bo Henriksen, 2017 ; Vidic, 2016) et en physique (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017).

## 1. DÉFINITIONS ET CONCEPTIONS DE L'APP

Une diversité d'expressions renvoyant à l'APP a été utilisée par les auteurs. Nous retrouvons parfois l'utilisation d'une expression dans le titre, ensuite d'une multitude d'autres expressions dans l'article, et ce, d'une manière interchangeable comme dans l'exemple de Ravn et Bo-Henriksen (2017) : problem-based learning; problem-based methodology; problem-based project work; problem-based approach.

En total, nous avons repéré 17 expressions utilisées par les auteurs pour désigner l'APP que nous avons classées en trois catégories. Les catégories ne sont pas mutuellement exclusives mais se basent sur l'attribut mis en valeur dans l'expression, c'est-à-dire, certaines expressions peuvent faire partie de plus d'une catégorie.

Ainsi, une première catégorie d'expressions se base sur le problème en tant qu'attribut fondamental avec un total de dix expressions recueillies. L'expression générique la plus utilisée est : *problem-based learning*, dans dix publications (Johnson et Hayes, 2016; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; Lutsenko, 2018 ; Mantri, 2014 ; McCrum, 2017 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019 ; Radcliffe et Kumar, 2016 ; Ravn et Bo-Henriksen, 2017 ; Swart, 2018 ; Vidic, 2016). De plus, trois autres expressions constituent des déclinaisons de cette expression générique avec l'utilisation des termes *methodology*, *approach* et *project work* (Ravn et Bo-Henriksen, 2017). Nous trouvons aussi dans cette catégorie des expressions qui renvoient davantage à un processus : *ill-structured problem solving* et *problem-solving studio* (Dringenberg et Purzer, 2018 ; LeDoux et Waller, 2016).

Une deuxième catégorie regroupe les expressions faisant appel à d'autres approches pédagogiques ou démarches éducatives, avec un total de cinq expressions dans cinq publications, dont certaines renvoient à l'apprentissage par projet (Lutsenko, 2018 ; McCrum, 2017) ou la démarche d'investigation scientifique (Clegg et Diller, 2019).

Enfin, une troisième catégorie regroupe les expressions qui mettent l'emphasis sur le travail d'équipe ou la coopération, et ce, avec un total de deux expressions dans deux publications (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016 ; Van Niekerk et Mentz, 2015).

Concernant les définitions repérées, seulement neuf articles ont rapporté une définition explicite de l'APP, c'est-à-dire, dans une section clairement identifiée. Ceci constitue un peu moins que le tiers des publications analysées avec un total de treize définitions rapportées. Tandis que le reste des publications ont rapporté des éléments de définition implicites à travers le texte.

À travers ces définitions et malgré leur diversité, certaines tendances ont pu être dégagées prenant en compte l'ensemble des éléments conceptuels rapportés dans les publications. Ainsi, neuf tendances ont été recueillies comme suit :

(1) Présence d'un problème complexe, d'une question ou d'une situation problématique de départ (N= 16).

- Exemple de résultat : « An inquiry-based module or course as one that starts with a critical question, problem, or observation » (Clegg et Diller, 2019, p. 399).

(2) Collaboration et travail d'équipe (N=14).

- Exemple de résultat : « A formal cooperative teaching-learning strategy, CPPS, for Thermodynamics where students had to work in pairs during tutorials » (Van Niekerk et Mentz, 2015, p. 1517).

(3) Changement du rôle de l'enseignant en tuteur/facilitateur (N=9).

- Exemple de résultat : « with instructors acting as facilitators rather than primary sources of information » (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017, p. 273).

(4) Apprentissage centré sur les étudiants (N=6).

- Exemple de résultat : « A student-centered approach which is a paradigm shift from the conventional lecture/tutorial-based education model » (Radeliffe et Kumar, 2016, p. 81).

(5) Emphase sur le concret (N=4).

- Exemple de résultat : « The fusing of theory and practice in this regard has proved very beneficial » (Swart, 2018, p. 247).

(6) Diversité des approches APP (N=3).

- Exemple de résultat: « PBL can be characterized by a great diversity of the ways of implementation, scopes and fields of application » (Lutsenko, 2018, p. 896).

(7) Interdisciplinarité (N=2).

- Exemple de résultat: « Interdisciplinary PBL is an environment that provides engineering students with exposure to other professions and ways of thinking » (McCrum, 2017, p. 688).

(8) Emphase sur le processus d'apprentissage plus que sur un produit ou artefact (N=2).

- Exemple de résultat : « Focus on the process of knowledge acquisition rather on the products of such processes » (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016, p. 2557).

(9) Incorporation des TIC (N=1).

- Exemple de résultat: « To introduce gamification elements using ICTs that aim to guide students to solve problems without resorting to the classic and inefficient operating method » (Paniagua, Herrero, García-Pérez et Calvo, 2019, p. 63).

Plusieurs justifications ont été fournies par les auteurs pour recourir à l'APP. Nous avons ainsi regroupé ces différents éléments en quatre principales catégories divisées en sous-catégories, comme suit:

(1) Acquisition de savoirs (N=13).

(2) Positionnement de l'APP comme une alternative à un enseignement « traditionnel » (N=9).

- a. Une formation “traditionnelle” dont les contenus ne sont pas ancrés dans la pratique (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016; Johnson et Hayes, 2016; Swart, 2018).

- b. Faible taux de réussite dans un cours “traditionnel” (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016).
  - c. Processus de résolution de problème éloigné de la pratique (Bermejo et Prieto, 2019; Ravn et Bo-Henriksen, 2017; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019).
    - Exemple de résultat: « For a long time, it has been noted that the way in which engineering students face to problems in the university classrooms is quite far from the manner they have to do it in the workplace » (Bermejo et Prieto, 2019, p. 1238).
  - d. Favoriser une meilleure conceptualisation (McCrum, 2017; LeDoux et Waller, 2019).
- (3) Meilleure préparation à la nature de la pratique d’ingénierie (N=9).
- a. Favoriser une pensée proche de celle des ingénieurs (vision hollistique, gestion de l’incertitude) (Li et Faghri, 2016; Lönngren, Adawi et Svanström, 2019 ; Cook, Han, Shuman et Mason, 2017 ; Mantri, 2014).
  - b. Recommandations de l’APP par différentes instances professionnelles (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017 ; Mantri, 2014).
  - c. Développement d’un sens d’appartenance et d’une identité professionnelle (Clegg et Diller, 2019 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019).
  - d. Importance de développer l’esprit critique chez les apprenants (Clegg et Diller, 2019 ; Swart, 2018 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019).
  - e. Contextualisation des savoirs (McCrum, 2017).
- (4) Relève de la motivation et de l’intérêt chez les apprenants (N=8).

(5) Large corpus empirique d'études passées soutenant des effets positifs de l'APP (N=6).

## 2. PLACE ET STATUT DU PROBLÈME

Cette section des résultats regroupe les éléments conceptuels des discours des auteurs permettant de définir le problème en APP, ses attributs et sa place dans le processus d'enseignement-apprentissage.

Pour les auteurs, le problème en APP est : (1) ouvert, (2) mal-structuré, (3) ambiguë, (4) complexe et (5) authentique.

En premier lieu, la majorité des auteurs parlent d'un problème en APP qui est « ouvert » et « mal-structuré »<sup>25</sup>. Les éléments conceptuels repérés pour ce type de problème peuvent être résumés comme suit : (1) Plusieurs solutions sont possibles; (2) Les données de l'énoncé du problème ne sont pas définies; (3) L'apprenant procède à ses propres choix pour établir une stratégie de résolution non-linéaire; (4) Les solutions doivent être justifiées et défendues. À titre d'exemple, Paniagua, Herrero, Garcia, Pérez et Calvo (2019) décrivent le problème : « statement without initial data » (p. 63).

Le problème comporte alors un degré relatif d'ambiguïté qui lui est propre. Quatre auteurs le mentionnent explicitement. Cette ambiguïté est considérée comme une caractéristique essentielle du problème (Paniagua, Herrero, Garcia, Pérez et Calvo, 2019), étant pour ces auteurs une caractéristique essentielle de tout travail scientifique (Bermejo et Prieto, 2019 ; Paniagua, Herrero, Garcia, Pérez et Calvo, 2019). Ce type de problème, tel que défini par ces auteurs, est mis en opposition, au problème de type « bien-structuré ». Ce deuxième est cependant mentionné par une minorité d'auteurs, un total de quatre publications. Pour ces auteurs, il est question de

---

<sup>25</sup> Les auteurs évoquent les expressions « open-ended » et « ill-structured ».

problème narratif « story problem » dont les attributs sont définis en directe opposition à ceux du problème « mal-structuré », comme par exemple dans la citation suivante : « Story problems are a type of well-structured problems for which all parameters of the problem are specified in the problem statement, and that have knowable, correct solutions and established solution methods » (p. 196).

Un autre indicateur qui a été dégagé de l'analyse systématique est la complexité du problème. Il est souvent décrit ayant une complexité variable, qui reste cependant faisable afin de permettre de motiver les étudiants et de les engager dans le processus de résolution (Vidic, 2016). En fait, le niveau de complexité serait comparable aux problèmes rencontrés dans la pratique (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017 ; Vidic, 2016). Pour les auteurs, il s'agit de défis contenant plusieurs variables inconnues (LeDoux et Waller, 2016) avec l'introduction de plusieurs contraintes, comme par exemple, sélectionner un minimum de données à utiliser pour résoudre le problème (Bermejo et Prieto, 2019). Certains auteurs spécifient qu'il s'agit d'un phénomène inconnu, d'une anomalie (Ravn et Bo-Henriksen, 2017). Cet « inconnu » provient du fait que les contenus du problème ne sont pas couverts préalablement par les étudiants (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017).

En plus de la complexité, un autre attribut revient souvent est l'authenticité. Elle est définie majoritairement par le degré de ressemblance aux problèmes rencontrés dans la pratique (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017 ; Johnson et Hayes, 2016 ; Li et Faghri, 2016 ; Ravn et Bo-Henriksen, 2017 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). À titre d'exemple, Li et Faghri (2016) mentionnent que : « the POPBL approach entails learning organized around real-world problems » (Li et Faghri, 2016, p. 2). Ces problèmes sont alors multidimensionnels et ancrés dans



un cadre concret, similaire aux situations auxquelles s'exposent les ingénieurs en pratique (Johnson et Hayes, 2016 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016).

D'autres attributs sont ressortis lors de l'analyse par quelques auteurs. Il est alors question de problèmes spécifiques aux ingénieurs, comme des problèmes de conception (McCrum, 2017 ; Swart, 2018) ou de diagnostic-solution (Vidic, 2016). Ils impliquent des opérations mentales nécessitant des prises de décision par les étudiants et la formulation d'hypothèses dans un contexte pratique (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017), ou plus précisément dans un contexte interdisciplinaire (Li et Faghri, 2016 ; Ravn et Bo-Henriksen, 2017).

Parlant maintenant du statut du problème par rapport au processus d'enseignement-apprentissage en APP, plusieurs éléments ont été dégagés dans le cadre de cette analyse systématique. Ainsi, pour la grande majorité des auteurs, le problème en APP constitue le point d'organisation et d'initiation des savoirs. En effet, il sert, d'une part, de contexte pour stimuler l'apprentissage (Johnson et Hayes, 2016), un outil de contextualisation des savoirs : « Starting out with problems, it becomes possible to connect the research to the outside world and escape the ivory tower » (Ravn et Bo-Henriksen, 2017, p. 958), et d'autre part, de véhicule de l'apprentissage de concepts spécifiques (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017).

### 3. SENS ET RÔLES ATTRIBUÉS À L'APPRENANT ET À L'ENSEIGNANT

Cette section rassemble les éléments recueillis du discours des auteurs qui renvoient aux rôles de l'apprenant et de l'enseignant en APP selon la grille d'analyse utilisé.

Seulement deux études de l'échantillon n'ont pas mentionné d'informations sur l'échantillon d'étudiants ayant participé à l'étude. Ainsi, neuf études ont rassemblé un échantillon de plus de 40 étudiants pour réaliser l'étude allant de 42 (minimum) à 794 (maximum). La majorité

des échantillons d'étudiants sont à la première année (Dringenberg et Purzer, 2018 ; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; Ravn et Bo-Henriksen, 2017 ; Swart, 2018 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016) ou deuxième année du parcours de formation en génie (Li et Faghri, 2016 ; McCrum, 2017 ; Panagua, Herrero, Garcia-Pérez et Calvo, 2019). Tous les échantillons d'étudiants rapportés sont formés en groupe allant de deux à six étudiants par groupe. Une seule étude a rapporté travailler avec des étudiants de trois pays différents (Bermejo et Prieto, 2019).

Quant au niveau d'autonomie et d'engagement des étudiant en APP, sept études n'ont fait aucune mention. Alors que pour le reste, nous avons repérés deux tendances quantitativement égales avec six études pour chacune comme suit: (1) Une autonomie limitée : Autonomie régulée par des stratégies de support par les enseignants (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019 ; Nikolic, Ros et Hastie, 2018) ; Auto-gestion du temps par les étudiants (Lutsenko, 2018) ; Élaboration des objectifs d'apprentissage et de la stratégie de résolution par les étudiants (Mantri, 2014), (2) Une autonomie complète, qui est la tendance majoritaire, conférant la responsabilité de plusieurs aspects organisationnels de l'APP aux étudiants (McCrum, 2017 ; Radcliffe et Kumar, 2016; Swart, 2018 ; Van Niekerk et Mentz, 2015 ; Johnson et Hayes, 2016; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019). De plus, tous les auteurs mentionnent un niveau d'engagement actif des étudiants. Cet engagement dit "actif" ou "apprentissage actif" pour d'autres auteurs est rarement défini dans l'échantillon. À titre d'exemple de résultat, Radcliffe et Kumar (2016) mentionnent : « An essential part of the process is that students recognize their current knowledge, self-determine the gap and then pursue new knowledge to bridge this gap » (p. 82). Cependant, plusieurs éléments conceptuels à travers les textes soutiennent que cet engagement actif se réfère davantage à un travail indépendant et autonome. En effet, l'engagement actif et l'autonomie sont

presque toujours mentionnés conjointement dans la majorité des discours analysés, souvent même, d'une manière interchangeable. Le travail autonome est mentionné ici au sens que les étudiants sont laissés à eux même avec des interactions ponctuelles servant de suivi et de validation de la part de l'enseignant.

Quant aux tâches conférées aux étudiants, seulement deux auteurs n'en ont fait aucune mention. Pour le reste des auteurs, ces tâches peuvent être classées en différentes catégories : (1) Tâches avant/après l'APP; (2) Compréhension du problème; (3) Investigation; (4) Collaboration; (5) Communication des résultats.

Ainsi, les tâches rapportées en dehors du processus d'APP, que ça soit avant ou après, se résument comme suit : Avant l'APP, les apprenants suivent des ateliers ou cours avant l'engagement dans la résolution du problème. Ces ateliers peuvent traiter du contenu disciplinaire (McCrum, 2017 ; Swart, 2018 ; Van Niekerk et Mentz, 2015) ou bien d'autres compétences comme le travail d'équipe (McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019). Ensuite, le choix du problème est effectué par les apprenants avec ou sans l'aide des enseignants, dans une logique d'application du contenu vu préalablement dans les ateliers (Lutsenko, 2018 ; Ravn et Bo-Henriksen, 2017 ; McCrum, 2017 ; Swart, 2018 ; Van Niekerk et Mentz, 2015). Des stratégies d'étude individuelle sont formulées par les apprenants après les tutoriels de l'APP (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016) avec un suivi du contenu disciplinaire effectué en dehors de la classe (Nikolic, Ros et Hastie, 2018).

L'étape de la compréhension du problème s'ensuit avec plusieurs éléments rapportés par les auteurs. Les étudiants notent les concepts-clé, définitions et différentes contraintes dans l'énoncé du problème (Clegg et Diller, 2019 ; Lönngren, Adawi et Svanström, 2019 ; McCrum,

2017 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016) et discutent des pistes de réflexion sur ces contenus en groupe (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016). Certains font appel à l'élaboration de cartes conceptuelles (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019) pour ensuite identifier des « zones d'ombre » conceptuelles (Clegg et Diller, 2019). Certaines études rapportent que les apprenants sélectionnent les données pertinentes à la résolution du problème à partir d'un ensemble fourni dans l'énoncé (Bermejo et Prieto, 2019 ; Paniagua, Herrero, Garcia-Pérez et Calvo, 2019 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016), comportant parfois un facteur de compétition avec les autres groupes (Paniagua, Herrero, Garcia-Pérez et Calvo, 2019) ou bien à partir d'un corpus de données collectées par les étudiants eux-mêmes sur terrain (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). Une description des données sélectionnées et des résultats attendus est effectuée (Li et Faghri, 2016), ce qui permet d'identifier les objectifs d'apprentissage (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; Li et Faghri, 2016) et fixer des limites à ce qui doit être appris (Radcliffe et Kumar, 2016). Les apprenants procèdent à la génération d'hypothèses sur le problème (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; Lönngren, Adawi et Svanström, 2019) et à la définition et la formulation du problème (Li et Faghri, 2016) concluant la compréhension du problème (Clegg et Diller, 2019).

Par la suite, le processus de résolution commence et s'opérationnalise en plusieurs moments. Un processus d'investigation est entamé par « essai-erreur » (Ravn et Bo-Henriksen, 2017) ou à travers différentes ressources didactiques fournies (Goodman, Davis et McDonald, 2016) ou non fournies mais sélectionnées d'une manière autonome par les apprenants eux-mêmes (Clegg et Diller, 2019 ; Radcliffe et Kumar, 2016). Cette investigation est aussi effectuée par une deuxième collecte de données qui s'effectue en consultant des ingénieurs en pratique (Vidic, 2016) ou sur terrain par les apprenants (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). Ainsi, les données

recueillies pourront servir à déterminer une stratégie de résolution du problème (Bermejo et Prieto, 2019 ; Mantri, 2014). Cette stratégie est décrite comme une approche systématique entièrement développée par les apprenants en groupe (Radcliffe et Kumar, 2016), elle peut comporter des attributs d'autres disciplines comme procéder à une analyse de cycle de vie ou un bilan économique (Lutsenko, 2018). Cette démarche est ainsi détaillée dans toutes ses étapes et consignée dans un journal (Vidic, 2016).

La majorité des auteurs s'accordent pour parler d'une étape de communication ou présentations des résultats du processus d'APP. Neuf auteurs spécifient explicitement des modalités de cette présentation sous la forme d'un rapport écrit et oral explicitant les démarches entreprises tout au long du processus et les solutions proposées. Ce rapport prend la forme d'un modèle de conception muni au besoin d'un plan financier (Swart, 2018), ou d'un portfolio de solutions envisageables (Vidic, 2016), pouvant contenir des éléments de visualisation graphique sur MATLAB ou autres logiciels spécialisés (Nikolic, Ros et Hastie, 2018). La présentation orale peut s'effectuer devant l'enseignant (Swart, 2018), devant les pairs (Johnson et Hayes, 2016) ou devant les acteurs industriels participant dans le processus (Swart, 2018). Des auteurs mentionnent aussi une soumission de rapports individuels à l'issue du processus après la présentation orale (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016) alors que d'autres études analysées indiquent l'importance du rôle des rétroactions entre les pairs dans l'évaluation du processus (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016).

Plusieurs constats peuvent être décelés par rapport à ces éléments décrivant la topogénèse globale en APP. Deux principales orientations s'affirment à l'issue de cette analyse systématique. En premier lieu, une orientation prédomine dans les discours analysés ou l'étudiant en tant qu'apprenant se positionne dans une relation dans laquelle il subit et réagit dans ses rapports à

l'enseignant et au contenu, au sein du système didactique tel que discuté dans notre cadre. Par rapport à l'enseignant, ceci se traduit par une moindre autonomie en relation avec l'apprentissage, qui se manifeste par plus de directivité de la part de l'enseignant avec des problèmes qui sont fournis aux étudiants, une stratégie de résolution déjà établie (Bermejo et Prieto, 2019 ; Paniagua, Herrero, Garcia-Pérez et Calvo, 2019 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016), la sélection préalable des ressources didactique (Goodman, Davis et McDonald, 2016) et une étape de communication des résultats qui se centre sur l'enseignant (Swart, 2018). Quant au contenu, l'apprenant s'inscrit, selon cette même orientation, dans une logique d'application et de transmission directe des connaissances. Ces connaissances proviennent majoritairement d'ateliers offerts avant la présentation du problème (McCrum, 2017 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019 ; Swart, 2018 ; Van Niekerk et Mentz, 2015). La deuxième orientation implique d'autres fondements de l'APP et se situe à l'opposition de la première orientation. Ainsi, l'étudiant en tant qu'apprenant dans un système didactique régit des relations comportant un plus grand degré d'autonomie et de choix à travers les moments du processus d'APP, donc de contrôle sur son apprentissage.

Autre constat majeur est qu'aucune définition explicite n'a été relevée de l'autonomie dans les discours analysés bien que ce soit un concept qui a été repéré d'une manière fréquente chez les auteurs. En revanche, une tendance majoritaire peut être dégagée des éléments repérés en rapport à l'autonomie. En effet, ces éléments s'inscrivent dans une logique d'exécution, c'est-à-dire, axée davantage sur l'activité effectuée par l'apprenant et le degré des tâches conférées à ce dernier. Alors que la prise de décisions en rapport avec l'apprentissage, le contrôle, la régulation de celui-ci comme le choix du problème par exemple et autres éléments que nous avons mentionnés ci-haut, relèvent davantage de l'enseignant que l'apprenant.

La collaboration est une catégorie qui transparait à travers la description des tâches confiées aux étudiants et revient dans toutes les publications analysées. Ainsi, les étudiants travaillent durant tout le processus en groupes. Ils externalisent leurs pensées et idées oralement afin de bénéficier les autres membres du groupe (Van Niekerk et Mentz, 2015), en notant leurs interactions dans un journal (McCrum, 2017). Ils négocient et assignent entre eux les différents rôles au sein du groupe (LeDoux et Waller, 2016), génèrent des idées autour du problème en groupe (Clegg et Diller, 2016) et s'auto-évaluent entre eux en faisant des rétroactions tout au long du processus de résolution (Van Niekerk et Mentz, 2015).

Cependant, la collaboration ne renvoie pas aux mêmes significations ni aux mêmes modalités d'opérationnalisation parmi les discours analysés. Nous avons donc repéré plusieurs éléments se rapportant à la collaboration. Une tendance majoritaire décrit une approche transmissive à la collaboration dans laquelle les relations entre les étudiants au sein du groupe sont considérées de facto, équivalentes bien que les rôles dans le même groupe soient différents. Il est souvent aussi question de s'assurer que tous les étudiants participent dans les tâches et responsabilités pour garantir une certaine équité, sans pour autant vérifier ou poser une réflexion à propos des effets de l'apprentissage sur chaque membre du groupe. Ainsi, une tendance fortement pédagogique avec une logique transmissive reste majoritaire dans les conceptions et tendances repérées de la collaboration dans les discours analysés.

Finalement, les attributs du rôle de l'enseignant en APP ont aussi été relevés dans l'analyse systématique et regroupés sous plusieurs catégories. Sur 22 publications, seulement trois n'ont pas explicité d'attributs particuliers sur l'enseignant ou son rôle. Ainsi, l'attribut qui est revenu le plus souvent dans la majorité des discours analysés est que l'enseignant est un facilitateur de l'apprentissage. Par contre, les sens accordés à cette facilitation ne sont équivalents dans les

discours analysés. Nous allons commencer par exposer les éléments repérés pour ensuite en dégager les principales tendances conceptuelles. Pour les auteurs, l'enseignant est un guide (Johnson et Hayes, 2016; McCrum, 2017; Van Niekerk et Mentz, 2015) qui « facilitate the learning process by monitoring the progress of the learners and asking questions to move students forward » (Johnson et Hayes, 2016, p. 6). Un guide dynamique qui s'adapte en temps réel au niveau de la progression du processus de résolution des apprenants (LeDoux et Waller, 2016), suit de près le processus d'apprentissage et la réflexion sans fournir d'éléments de savoirs explicites durant le processus (McCrum, 2017 ; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016). L'enseignant utilise aussi une dimension langagière importante en aidant à expliciter la pensée des apprenants en APP (LeDoux et Waller, 2016 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016) avec l'usage de questions ouvertes, pour faire avancer les échanges de réflexion (Van Niekerk et Mentz, 2015) et validant aussi les stratégies de résolution conçues par les étudiants en groupe (Mantri, 2014) encourageant un certain niveau d'autonomie (McCrum, 2017 ; Vidic, 2016). Ces éléments s'inscrivent dans une conception de l'enseignant qui le voit comme un « mentor » ou « coach » s'inscrivant dans une logique transmissive. Pour d'autres auteurs, l'enseignant n'est pas vu comme un transmetteur direct des connaissances mais un guide dont le rôle est « to enable the necessary skills required to solve the problem (i.e. validating task goals and providing gentle learning prompts as the PBL scaffolding, rather than being a direct source of knowledge » (McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019, p. 3). Ceci permet de dégager une deuxième tendance, bien que minoritaire, du sens accordé à la facilitation, bien que la première tendance reste affirmée. En effet, l'enseignant assigne lui-même les rôles des étudiants en groupe (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016; Nikolic, Ros et Hastie, 2018), s'assure de l'engagement des étudiants dans le processus (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016) et déterminent les délais de temps alloués à la réalisation du travail en APP (McCrum, 2017). Il permet aussi d'aider les étudiants à



comprendre le rationnel derrière les étapes du processus de résolution et de réfléchir sur les difficultés rencontrées (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019), qui peut se manifester dans certaines études dans l'élaboration de journaux réflexifs tout au long du processus (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). Il en résulte ainsi un rôle motivateur de l'enseignant (McCrum, 2017) en aidant à gérer le stress et la frustration encourue par les étudiants (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019).

## **CINQUIÈME CHAPITRE: DISCUSSION DES RÉSULTATS**

Dans ce chapitre, nous procéderons à la compilation des principaux résultats mis en évidence dans le chapitre précédent afin de les discuter à la lumière de nos objectifs de recherche et au regard des éléments dégagés de notre problématique et cadre de référence. Ce chapitre sera conclu par une section qui synthétisera les principaux éléments de la discussion.

### **1. DESCRIPTION DES ATTRIBUTS PERMETTANT DE DÉFINIR L'APP ET LES JUSTIFICATIONS RETENUES PAR LES AUTEURS**

Nous avons énoncé dans la problématique et le cadre de référence que certains auteurs considèrent l'APP à travers une diversité de conceptions et de compréhensions (Barrows, 1986 ; Savin-Baden, 2014 ; Maudsley, 1999). Cependant, les résultats rapportés dans ce travail indiquent qu'une faible proportion des auteurs (deux études sur un total de 22) considèrent cette diversité comme un attribut distinctif de l'APP (Vidic, 2016 ; Cook, Han, Shuman et Mason, 2017). De plus, la multitude des expressions et attributs relevés dans les résultats confirment ce constat initial et suggèrent une multitude d'approches APP et non pas une seule. En ce sens, ce qui se dégage de la majorité des publications analysées est que cette diversité, bien qu'elle soit explicitement mentionnée, la majorité des auteurs semblent parler d'une variante APP particulière qui est utilisée à l'étude, la qualifiant comme un objet conceptuel préalablement connu et représentatif de toutes les variantes APP. C'est ce qui explique, à notre sens, qu'environ deux tiers des auteurs n'ont pas fourni de définition explicite pour cette approche, la considérant déjà connue.

De même, nous avons pu catégoriser dans le chapitre précédent les attributs mentionnés dans les éléments de définition de l'APP rapportés dans l'échantillon analysé, qu'ils soient

implicites ou explicites. Nous présentons brièvement ces catégories dans cette section à titre de rappel:

- (1) Présence d'un problème complexe, d'une question ou d'une situation problématique de départ (N= 16).
- (2) Collaboration et travail d'équipe (N=14).
- (3) Changement du rôle de l'enseignant en tuteur/facilitateur (N=9).
- (4) Apprentissage centré sur les étudiants (N=6).
- (5) Emphase sur le concret (N=4).
- (6) Diversité des approches APP (N=3).
- (7) Interdisciplinarité (N=2).
- (8) Emphase sur le processus d'apprentissage plus que sur un produit ou artefact (N=2).
- (9) Incorporation des TIC (N=1).

Nous pouvons remarquer que le recours à un problème ainsi que la collaboration constituent les éléments conceptuels les plus rapportées par les auteurs. Ceci confirme en partie la prémisse que nous avons énoncé dans le cadre de référence tel que formulée par Klegeris et Hurren (2011) rapportant que la principale caractéristique de l'APP serait la présence d'un problème<sup>26</sup>. Cependant, l'analyse systématique a permis de mettre en évidence que la collaboration constitue tout autant un élément conceptuel majeur. Elle se rapporte ici à la notion d'apprentissage collaboratif, si l'on examine ce concept d'un point de vue didactique, ce qui s'identifie à l'angle privilégié dans ce mémoire. Cette notion est à l'origine ancrée dans plusieurs travaux de recherche issus du courant constructiviste et de la théorie de la nature sociale des savoirs, comme les travaux de Dewey sur les communautés d'apprentissage (Brody et Davidson, 1998). Il est ici pertinent de

---

<sup>26</sup> Voir la page 32 du présent document.

souligner un aspect majeur de la collaboration qui n'a pas été évoqué par les auteurs dans cette analyse systématique. En effet, la collaboration n'affecte pas les membres d'un même groupe de la même manière, et chaque membre n'occupe pas un statut similaire aux autres au regard de l'apprentissage (Gillies et Ashman, 2003). Ce point de discussion reste un élément distinctif et fondamental qui va en contraste avec les discours de la grande majorité des publications analysées. Ces discours n'explicitent aucunement le statut des membres du groupe en rapport aux objectifs d'apprentissage, mais assument implicitement un statut unique. En effet, la prise en compte des dimensions socio-économiques, psychologiques, des expériences et vécus des étudiants ne permettent pas de considérer ces derniers homogènes (Gillies et Ashman, 2003). Cela implique aussi différents types de relations qui peuvent être harmonieuses ou bien source de tensions (ex. compétition) au sein du groupe (Brody et Davidson, 1998). Ces éléments discutés montrent la complexité de la notion de collaboration qui n'est pas suffisamment mise en évidence dans les publications analysées.

Un autre constat qui se dégage est que la majorité des auteurs ont décrit l'APP en ayant recours à des attributs, c'est-à-dire, en tant que processus ou stratégie, alors que peu l'ont présenté en étapes linéaires ou procédurales. De même que la majorité des auteurs parlent d'« approche » (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017 ; Johnson et Hayes, 2016 ; Lutsenko, 2018 ; Radcliffe et Kumar, 2016), « stratégie » (Ravn et Bo-Henriksen, 2017 ; Van Niekerk et Mentz, 2015) ou « modèle » (Li et Faghri, 2016). Parmi les auteurs qui l'ont décrit en étapes linéaires, nous pouvons citer en exemple McCrum (2017) qui a mentionné cinq étapes : « define, think about it, plan, carry out and reflect » (McCrum, 2017, p. 694). Cette emphase sur le processus est un attribut assez prononcé dans les conceptions relevées des publications analysées. Elle est tantôt orientée vers l'apprentissage plus que l'enseignement (Bermejo et Prieto, 2019 ; Paniagua, Herrero, García,

Pérez et Calvo, 2019), ou encore, davantage sur le processus de résolution que sur la production d'un artefact (LeDoux et Waller, 2016 ; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016). En revanche, ces orientations ne sont pas suffisamment explicitées comme dans le cas d'une emphase sur l'apprentissage plus que l'enseignement, la distinction entre les deux n'est pas toujours claire, surtout que dans plusieurs études analysées l'enseignant peut conférer plusieurs tâches qui relèvent habituellement de l'enseignant (comme l'évaluation ou la détermination des objectifs d'apprentissage). Cette ambiguïté est d'autant plus présente avec l'absence de discussions didactiques sur le statut des savoirs, qui permettent à notre sens, de distinguer l'apprentissage et l'enseignement et de les définir.

De plus, l'APP se trouve majoritairement caractérisée par une structure didactique mais aussi pédagogique distinctive conférant aux étudiants et à l'enseignant des statuts particuliers. Cet élément est aussi un point qui a été considéré lors de l'élaboration de notre cadre de référence, mais l'analyse systématique présente a permis de le confirmer empiriquement, qu'il s'agit d'un attribut conceptuel distinctif de l'APP pour les auteurs. Il est alors question d'un apprentissage centré sur les étudiants et guidé par un ou des enseignants facilitateurs. Cette facilitation renvoie à des fondements de l'APP en tant qu'approche transmissive, au sens de Brody et Davidson (1998) : « Teachers play a strong, directive role in students' learning and in determining how students spend their time » (Brody et Davidson, 1998, p. 28).

Nous pouvons constater aussi que les auteurs considèrent l'APP comme une approche qui favorise le concret ou la pratique plus que le théorique. Certains auteurs vont même définir la qualité d'un apprentissage « actif », caractéristique de l'APP, à travers l'incorporation du concret avec le théorique. Cependant, cet attribut n'est pas clairement défini par tous les auteurs qui l'ont mentionné. Nous pouvons néanmoins déceler quelques éléments d'explication qui ont été repérés :

« Un module ou cours base sur l’investigation [...] où les étudiants apprennent de nouveaux savoirs disciplinaires à travers des problèmes concrets et complexes » [Traduction libre]<sup>27</sup> (Clegg et Diller, 2019, p. 399). Le discours de Clegg et Diller (2019) représente le positionnement de plusieurs autres auteurs de l’échantillon, qui situent l’aspect concret distinctif de l’APP au niveau de la manière de traiter les contenus véhiculés dans le problème, tel que nous le discuterons dans la section suivante. Par contre, il n’est pas clair si l’aspect concret pourrait renvoyer à des activités procédurales (laboratoire, manipulations), ce qui semble être le cas pour certaines études analysées qui ne le mentionnent pas explicitement.

Ensuite, l’émergence de l’interdisciplinarité comme attribut conceptuel de l’APP en génie est aussi un constat qui a été dégagé. Malgré qu’il ne soit pas un élément quantitativement significatif, c’est un élément néanmoins pertinent au regard des arguments présentés par les auteurs (McCrum, 2017; Ravn et Bo-Henriksen, 2017). L’interdisciplinarité serait alors un attribut spécifique du problème au sein de l’APP. Elle est présentée comme « un environnement qui fournit aux étudiants en génie une exposition à d’autres professions et d’autres manières de penser » [Traduction libre]<sup>28</sup> (p. 688). Cette approche inclusive d’interdisciplinarité constitue pour les auteurs un caractère intrinsèque de la pratique et de l’exposition des apprenants à la vie réelle, et pourrait alors entretenir des liens conceptuels de clarification avec l’attribut d’emphase sur le concret en définissant le concret dans ce cas par l’authenticité par rapport aux problèmes de la vie réelle.

Finalement, le recours aux TIC n’est pas un attribut qui a été rapporté significativement dans l’échantillon, étant donné qu’une seule publication l’a mentionné. De plus, les TIC ont été traités

---

<sup>27</sup> « an inquiry-based module or course [...] where students learn new technical knowledge through the lens of practical and complex problems. » (Clegg et Diller, 2019, p. 399).

<sup>28</sup> « an environment that provides engineering students with exposure to other professions and ways of thinking » (McCrum, 2017, p. 688).

dans cette étude comme un dispositif éducatif ayant une portée didactique et pédagogique comportant plusieurs finalités spécifiques au contexte disciplinaire de l'étude (développement de compétences de programmation pour relever la motivation et l'intérêt des étudiants et remédier au stress). Donc, il est probable que les TIC soient considérés comme un outil extrinsèque à l'APP, ne relevant pas directement de cette approche en particulier plus qu'une autre. Ceci expliquerait l'absence de cet élément dans les autres publications.

Maintenant, en rapport aux justifications énoncées, nous avons mentionné dans les résultats, à titre de rappel, que les justifications du recours à l'APP en génie pour les auteurs peuvent être regroupées selon cinq catégories principales que nous discuterons ici: (1) Acquisition des savoirs; (2) Outil de relève d'un enseignement dit « traditionnel »; (3) Meilleure préparation à la nature de la pratique d'ingénierie; (4) Large corpus empirique soutenant des effets positifs de l'APP; (5) Relève de la motivation et de l'intérêt chez les étudiants.

Tout d'abord, il est important de noter que les compétences et leur acquisition occupent une place privilégiée dans l'argumentation des auteurs soutenant le recours à l'APP en génie, avec plus de la moitié des publications qui le mentionnent explicitement. Un certain niveau de réflexion sur la place des compétences en APP varie d'un auteur à un autre, mais transparait globalement à travers la majorité des publications analysées. Globalement, les principales orientations de discussion sur les savoirs dans les justifications de l'APP peuvent être classées selon deux types : (1) L'acquisition des savoirs disciplinaires et (2) l'acquisition des compétences non disciplinaires. Il est à noter que la majorité des auteurs insistent sur l'acquisition de compétences non disciplinaires, plus précisément, les compétences transversales. L'APP est ainsi décrite comme une stratégie basée sur le développement des compétences (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016), dont la résolution de problème qui est une compétence principale (Cook, Han,

Shuman et Mason, 2017 ; Dringenberg et Purzer, 2018; Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016 ; Mantri, 2014) suivie de la pensée critique (Clegg et Diller, 2019 ; Swart, 2018 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019) ainsi que la pensée analytique en tant qu'attribut caractéristique de la pensée d'ingénieur (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). Ces éléments indiquent ainsi que les différents enjeux renvoyant à la pensée des ingénieurs et à leur pratique, surtout au regard des compétences transversales, s'inscrivent selon une tendance prédominante qui se dégage de l'analyse, dans laquelle la place accordée aux compétences reste beaucoup plus importante pour la majorité des auteurs que la place des savoirs disciplinaires. En effet, les auteurs explicitent la nécessité du développement de compétences génériques relatives à l'investigation et la recherche (collecte de données, validation des résultats) (Johnson et Hayes, 2016) ainsi que les compétences transversales comme le travail d'équipe et la communication aux pairs (Johnson et Hayes, 2016 ; McCrum, 2017). En revanche, nous remarquons que l'acquisition des savoirs disciplinaires n'occupe pas une place aussi importante dans cette catégorie, comparativement aux savoirs non disciplinaires et les compétences transversales décrits plus hauts. En effet, seulement quatre auteurs dans cette catégorie ont évoqué la place des savoirs disciplinaires comme justification du recours à l'APP, plus spécifiquement les savoirs conceptuels (McCrum, 2017).

Une deuxième tendance notée dans les justifications présentées par les auteurs pour l'APP se résume au positionnement de cette approche en tant qu'alternative à un enseignement dit « traditionnel ». Un ensemble d'éléments critiques de ce type d'enseignement a été repéré dans le discours des auteurs, pour lequel, l'APP est présentée comme un outil de réforme. Il est à noter que cette dichotomie APP vs. Enseignement « traditionnel » est fortement présente dans le discours de la majorité des auteurs. De plus, cet enseignement « traditionnel » n'est pas clairement



conceptualisé, ni ses attributs, ni ses balises théoriques, malgré qu'il soit utilisé d'une manière presque systématique dans le discours des auteurs. Nous pouvons regrouper les principaux arguments présentés à ce propos comme suit : L'APP est un moyen de remédier à une formation où « les contenus ne sont pas orientés vers la pratique » [Traduction libre]<sup>29</sup> et permet de remettre en question le traitement algorithmique des problèmes vers un traitement plus conceptualisé (Bermejo et Prieto, 2019 ; Ravn et Bo-Henriksen, 2017 ; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019).

Troisièmement, l'APP selon les auteurs permet aussi une meilleure préparation des apprenants à la réalité professionnelle du métier d'ingénieur. Dans cette catégorie, les auteurs ont rappelé certaines spécificités du métier d'ingénieur qui est davantage orienté vers des préoccupations concrètes et complexes, permettant la mise en relation des savoirs acquis avec des applications réelles (McCrum, 2017). C'est ainsi que plusieurs instances professionnelles ont recommandé l'APP (Cook, Han, Shuman et Mason, 2017; Mantri, 2014), qui permet aussi de développer une identité et un sens d'appartenance professionnel (Clegg et Diller, 2019; McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019). De plus, les auteurs argumentent que l'APP est une approche intégrative permettant de conceptualiser le problème d'un point de vue holistique et de s'approprier les différentes relations conceptuelles entre les paramètres du problème présenté, comme le fait un ingénieur en métier (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019). Nous pouvons cependant ajouter que de telles affirmations n'ont pas été suffisamment explicitées par les auteurs et semblent même avoir été présentées de facto. Bien que ces points rejoignent plusieurs éléments repérés dans notre problématique au regard de la pratique d'ingénierie, il est pertinent de mentionner qu'un étudiant en voie de devenir ingénieur ne peut être comparé à un ingénieur

---

<sup>29</sup> « contents were not geared towards practice » (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016, p. 2556).

accompli et pratiquant son métier. En ce sens, les attentes et exigences académiques, cognitives et procédurales ne seraient pas similaires dans les deux cas, surtout que la majorité des études analysées sont des études empiriques réalisées avec des étudiants en première année, c'est-à-dire, en début de parcours. Nous expliciterons davantage ces éléments en discutant les critiques relatives à l'APP telles que recueillies par les auteurs dans une section distincte.

Par la suite, les auteurs ont justifié le recours à l'APP par la relève de la motivation et l'engagement des étudiants dans l'apprentissage. Selon cette orientation, les auteurs priorisent la motivation et l'engagement comme argument encore plus que l'acquisition des savoirs. À ce propos, Cook, Han, Shuman et Mason (2017) mentionnent que « the primary goal of engineering PBL, then, is not to develop problem solving per se, but to provide a structure and motivation for students to discover and use course knowledge » (p. 273). D'autres auteurs soutiennent que l'APP permet un changement d'attitude chez les étudiants envers des objets de savoirs spécifiques, comme par exemple le développement durable (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). Ce changement, selon les auteurs, serait permis en APP par l'incorporation d'éléments de savoirs conceptuels spécifiques dans le problème en question (Ibid.).

Finalement, les auteurs insistent qu'une base d'études empiriques soutient le recours à l'APP. Des effets notables selon les auteurs de l'APP sur différents éléments ont été mobilisés dans les publications. Lutsenko (2018) mentionne des effets positifs sur la contextualisation des apprentissages, Nikolic, Ros et Hastie (2018) se basent sur un corpus de résultats de revues systématiques spécifiques au domaine de la programmation et non au génie dans sa généralité, alors que la plupart des auteurs situent ces effets sur l'amélioration des compétences transversales (McCrum, 2017 ; Vidic, 2016 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). De plus, d'autres auteurs ajoutent que l'APP est une approche qui comporte un long processus d'évolution, ayant

été utilisée extensivement dans d'autres champs disciplinaires, comme la médecine (Radcliffe et Kumar, 2016). Cependant, ces aspects énumérés ne font pas consensus chez les auteurs de notre échantillon. En effet, plusieurs questionnements méthodologiques ont été relevés concernant les résultats empiriques utilisés pour justifier le recours à l'APP. Ainsi, la majorité des études ont rapporté des résultats des perceptions des étudiants lors d'un premier contact avec l'APP, pouvant susciter une certaine résistance de la part des étudiant ou du personnel enseignant (Radcliffe et Kumar, 2016). De plus, un manque de systématique et de puissance et représentativité statistique est encore un élément à prendre en compte préalablement (Ibid.). De plus, la majorité de ces études empiriques ont rapporté le point de vue presque exclusif des chercheurs, n'ayant pas une expérience d'apprenant en APP (plus la plupart) (Ibid.).

Ainsi, ces éléments dégagés permettent de répondre à notre premier objectif spécifique de recherche en caractérisant l'APP dans son ensemble par une diversité conceptuelle non assumée par la majorité des auteurs mais qui reste présente en globalité selon l'analyse. L'APP est généralement vue comme un processus dans les descriptions explicites globales de l'approche chez les auteurs, et qu'une faible proportion définit l'APP comme un processus linéaire et procédural. L'APP est ainsi une approche centrée sur les étudiants, caractérisée par la présence d'un problème au départ, une emphase sur le concret, impliquant des statuts et rôles particuliers pour l'enseignant et l'apprenant avec une dimension collaborative affirmée. Le caractère interdisciplinaire et le recours aux TIC sont aussi des attributs ressortis pour l'APP mais à plus faible degré.

Le recours à l'APP est justifié dans le discours des auteurs par l'acquisition des savoirs avec une emphase sur les savoirs et compétences non disciplinaires (la résolution de problème suivie par l'esprit critique et le travail d'équipe) plus que les savoirs disciplinaires. L'APP est aussi positionnée comme un outil de réforme par rapport à un enseignement dit « traditionnel »,

généralement non conceptualisé par les auteurs, mais largement critiqué en opposition de l'APP. L'APP permet aussi une meilleure préparation des étudiants à la réalité de la pratique d'ingénieur et développer un sentiment d'appartenance professionnel affirmé, relevant donc l'intérêt et la motivation des étudiants au génie. Finalement, une base empirique soutient aussi le recours à l'APP décrivant des effets notables surtout sur le développement de compétences transversales et sur une utilisation répandue de l'APP dans les autres domaines disciplinaires (médecine et sciences de la santé). Ces éléments permettent de conclure ainsi l'atteinte de notre premier objectif spécifique dans ce mémoire.

## 2. DESCRIPTION DU STATUT ACCORDÉ AU PROBLÈME ET LES ATTRIBUTS UTILISÉS POUR LE DÉFINIR

Nous avons précédemment confirmé dans les résultats que la présence d'un problème ou d'une question de départ est un élément conceptuel central de l'APP dans le discours des auteurs de l'échantillon de cette étude.

À titre de rappel, les résultats émergents de l'analyse montrent que le problème en APP est vu selon les caractéristiques principales suivantes : il est (1) ouvert, (2) mal-structuré, (3) ambigu, (4) complexe et (5) authentique.

Un premier constat est qu'il n'y a pas eu recours explicite à des typologies particulières pour décrire les problèmes en APP par les auteurs. L'analyse systématique a permis cependant de dégager une tendance générale à classer les problèmes principalement selon le niveau de structure et leur complexité, donnant lieu à une diversité de problèmes et non pas un seul type. Cette diversité mise en évidence par ce travail confirme la prémisse mentionnée dans notre cadre de

référence concernant la nature du problème en APP, tel que mentionné par Jonassen (2000)<sup>30</sup>. De plus, cette tendance générale met en lumière une dualité persistante dans les textes analysés entre un problème dit « mal-structuré » et un problème « bien-structuré ». Une dualité, néanmoins, qui semble réduire les spécificités conceptuelles du problème en APP à sa structure ou sa forme, ce qui exclut le statut des savoirs ou une réflexion à leur sujet. Ceci montre une certaine prédominance sur les questions procédurales relatives au problème dans les discours des auteurs sur l'APP, qui renvoie à une vision davantage pédagogique dans la conceptualisation du problème.

À ce propos, peu d'études ont posé une discussion sur les contenus et savoirs véhiculés par le problème en APP d'un point de vue didactique. Ce constat est en corrélation avec l'affiliation éducative des auteurs, dans le sens où les auteurs ayant discuté les savoirs de ce point de vue sont tous d'affiliation éducative. Dans les études quantitativement minoritaires ayant discuté les savoirs en jeu dans le problème, nous avons repéré quelques éléments didactiques pertinents à notre recherche que nous discuterons ici. LeDoux et Waller (2016) définissent l'attribut de complexité à ce propos par l'augmentation de liens interconceptuels au sein du problème alors que McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson (2019) mettent l'emphasis sur le rôle des interactions sociales dans la reconstruction des savoirs dans le problème.

De plus, il s'avère que les savoirs disciplinaires ont leur place dans les objets d'apprentissage visés par le problème, d'une manière quantitativement plus importante que dans les justifications du recours à l'APP. Ce constat semble indiquer à notre sens un système à deux niveaux : en premier lieu, un noyau de savoirs disciplinaires, indispensable à l'apprentissage des étudiants, entouré par un ensemble de compétences transversales en second lieu. Par contre, cette vision ne semble pas être un consensus parmi les auteurs : de même concernant les justifications

---

<sup>30</sup> Voir page 33 de ce travail.

au recours à l'APP, certains auteurs mettent l'emphasis davantage sur le développement des compétences transversales, en premier lieu, sur la résolution de problème et les compétences de travail d'équipe et de communication. À ce propos, McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson (2019) le mentionnent explicitement que le principal objet d'apprentissage issu du problème est « centering on the development of skills and knowledge that are directly applicable to the engineering workplace » (p. 3) alors que Lutsenko (2018) situe l'APP dans le paradigme de l'approche par compétence. Cependant, une vision de la formation des ingénieurs ne peut se baser exclusivement sur les compétences d'ingénieur sans s'assurer de l'acquisition des savoirs disciplinaires requis en priorité, et ceci, selon les recommandations des instances professionnelles de génie comme nous l'avons mentionné dans la problématique : à titre de rappel, Figueiredo (2014) mentionne que l'ingénieur avant tout est un spécialiste disciplinaire ce qui constitue « la composante la plus forte de l'ingénierie » (p. 262). C'est dans ce sens que Li et Faghri (2016) expliquent la nature des savoirs en génie étant organisée de manière hiérarchisée avec tout manque qui affecterait de près les objectifs d'apprentissage des étudiants en formation. Ceci est d'ailleurs confirmé par plusieurs auteurs: « Gavin (2011) noted that PBL in engineering is hierarchical in which missing concepts may result in a failure to learn. Therefore, as stated by Hadgraft (1997), students who are well prepared in civil engineering PBL get more out of the process » (McCrum, 2017, p. 690). De plus, Radcliffe et Kumar (2016) critiquent aussi cette vision en mentionnant que l'APP vue de cette manière permettrait un « apprentissage fragmenté » des connaissances en lien avec le génie.

Cependant, malgré ce constat sur la place des savoirs disciplinaires, une nuance serait pertinente à apporter. Bien que les savoirs disciplinaires semblent occuper une place dans les discussions des auteurs au sujet des objets d'apprentissage visés par le problème, cette place reste limitée comparativement aux savoirs non disciplinaires, et plus spécifiquement, aux compétences

transversales. En effet, ces derniers se retrouvent au centre des réflexions de la plupart des auteurs aux dépens des savoirs disciplinaires. Pour les auteurs qui en discutent, il est vrai que la place des savoirs en général est davantage explicitée dans les justifications du recours à l'APP plus que dans les objets d'apprentissage visés. Ce constat exclut cependant les savoirs non disciplinaires, plus spécifiquement, les compétences transversales. Dès l'analyse des titres des articles, nous pouvons voir que ce type de savoirs fait généralement l'objet principal de l'étude en question et que l'APP est un contexte pour apprendre ces savoirs comme le travail d'équipe, l'esprit critique, la motivation et les attitudes envers le génie, d'où la nécessité de distinguer deux niveaux de réflexions : les finalités de l'apprentissage et les moyens et outils mises en œuvre pour le faciliter. À partir de cette distinction qui est à notre sens importante à ce stade, il nous est possible de constater que le problème est généralement un contexte ou moyen pour développer principalement des savoirs non disciplinaires, surtout des compétences transversales ou encore des concepts non disciplinaires dans la perspective, selon les auteurs, de s'approcher de la pratique des ingénieurs le plus possible. Cependant, à notre sens, cette vision ne devrait pas prédominer jusqu'au point d'évacuer les savoirs disciplinaires de la majorité des réflexions relevées sur les savoirs. D'ailleurs, la majorité des résultats rapportés dans les études comparatives analysées au niveau des savoirs disciplinaires suggèrent une performance académique similaire ou non significativement différente par rapport à une situation d'apprentissage ne faisant pas appel à l'APP, (Van Niekerk et Mentz, 2015), alors qu'une tendance générale mentionne une amélioration significative au niveau des compétences transversales (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016) ou davantage orientée vers l'application des savoirs conceptuels que leur acquisition (Lutsenko, 2018).

Un autre constat peut être formulé à l'issue de cette analyse est que l'un des objets d'apprentissage visés par le problème serait ce que LeDoux et Waller (2016) appellent

« engineering ways of thinking » (p. 3). Il s'agit de l'emphase sur l'utilisation de méthodes et outils propres aux ingénieurs, de développer les attributs de la pensée des ingénieurs. Dans cet ordre d'idée, une typologie particulière des problèmes s'est dégagée de l'analyse qui prend en considération les contenus dans le problème, des contenus spécifiques aux ingénieurs. Dans cette typologie, des problèmes de conception ont été proposées (McCrum, 2017 ; Swart, 2018) et des problèmes de diagnostic-solution (Vidic, 2016). Ces deux logiques relèvent de la pensée d'ingénieur dans sa multi-dimensionnalité, ce qui rejoint ce que nous avons exposé dans le modèle de De Figueiredo (2014) dans la problématique en rapport aux caractéristiques de la pratique de l'ingénieur et de sa pensée.

À l'issue de cette section, nous pouvons synthétiser les éléments de discussions à l'égard de l'APP par rapport à notre deuxième objectif spécifique de recherche comme suit :

Ainsi, selon le point de vue des publications analysées, le problème en APP constitue l'attribut central, se trouvant au cœur de cette approche. Il est distingué du projet dans la démarche d'apprentissage par projet, par une emphase sur le processus d'apprentissage plutôt que la production d'un artéfact. Le problème est ainsi vu selon deux orientations principales : une orientation pédagogique qui est la plus répandue. Elle se limite à la forme et structure du problème, étant ouvert et mal-structuré, ambiguë et authentique (en référence à la proximité des problèmes rencontrés dans la pratique des ingénieurs). La deuxième orientation conceptuelle du problème place les savoirs au centre de la réflexion. Bien qu'elle soit minoritaire quantitativement, étant principalement présente chez les auteurs à affiliation éducative, cette orientation donnent plus d'espace aux savoirs disciplinaires qui semblaient presque évacués lors de la discussion sur les justifications du recours à l'APP dans notre premier objectif spécifique. Cette orientation dégagée de cette analyse met la lumière sur des éléments qui apportent un éclairage nouveau sur le statut



de ces savoirs disciplinaires en APP qui mérite d'être creusé dans d'autres recherches à partir de ce mémoire. Ces éléments mentionnent une organisation des objets d'apprentissage visés en APP constituant un noyau de savoirs disciplinaires fondamental entouré par un ensemble de savoirs en second lieu et de compétences transversales. Ces savoirs disciplinaires ne se limitent pas aux savoirs conceptuels mais s'étendent pour devenir des attributs d'une pensée spécifique aux ingénieurs, « engineering ways of thinking », et ce, avec l'utilisation d'une typologie de problème renvoyant à cette dimension avec la mention des problèmes de conception et de diagnostic-solution. Cette relation permet de montrer le statut et la place de la relation entre ces deux types de savoirs en APP en référence aux discours des auteurs. Tout ces éléments permettent à leur tour l'atteinte de notre deuxième objectif spécifique de recherche.

### 3. DESCRIPTION DES RÔLES DE L'APPRENANT ET DE L'ENSEIGNANT

Cette section discute les résultats dégagés de l'analyse effectuée dans cette recherche concernant la place et le rôle de l'apprenant et de l'enseignant dans l'APP.

Il est important de souligner la place de la collaboration dans les discours des auteurs qui transparait non seulement dans la conception de l'APP dans sa globalité mais s'impose dans chacune des composantes de celle-ci, comme le cas pour l'apprenant et l'enseignant, où toutes les études ont rapporté une organisation des étudiants en groupe comme principal attribut des apprenants.

La distinction entre les concepts d'engagement et d'autonomie ne semble pas claire dans les études analysées, ni à quel degré ces notions sont valables. En fait, aucune étude n'a fourni de définitions à ces deux notions. Bien que certains auteurs semblent caractériser plus en détail ces deux notions-clé de l'APP en explicitant les tâches conférées aux apprenants, cependant, ces tâches

ne permettent pas de saisir complètement le sens accordé à ces deux notions. En effet, pour certains auteurs, il est question d'une autonomie prononcée renvoyant à un travail indépendant des étudiants. Ce point relève d'une tendance majeure qui se dégage de l'analyse, conférant à l'étudiant une autonomie relative à un engagement actif dans des aspects davantage pédagogiques de l'apprentissage, c'est-à-dire, un ensemble de décisions effectuées par les étudiants dans la gestion de l'apprentissage plutôt que dans l'apprentissage lui-même. L'apprentissage en tant que tel (impliquant l'acquisition des connaissances et la conceptualisation) reste sous le contrôle de l'enseignant-facilitateur qui détermine et valide les choix des étudiants sur ces points préalablement. Ainsi, l'autonomie des étudiants et leur engagement se limitent aux aspects de gestion pédagogique et d'organisation du temps, assignation des rôles dans le groupe, utilisation des ressources à disposition, etc. La dimension principale dans laquelle s'inscrivent ces éléments serait une dimension procédurale, une logique d'application. À ce propos, Van Hout-Wolters, Simons et Volet (2007) mentionnent: « It resembles more active execution of assignments than active decision making about learning » (p. 22).

Dans les résultats analysés, les implications de cet élément sont bien présentes à chaque moment du processus. Ainsi, les auteurs considèrent important de fournir aux étudiants des éléments de savoirs additionnels avant d'entamer le traitement du problème, sous la forme d'ateliers, ce qui peut être vu comme une forme de reconnaissance que l'APP ne suffit pas pour atteindre les objectifs d'apprentissage requis selon les normes en vigueur, que ce soit dans les programmes de formation ou encore les instances professionnelles. Alors que d'autres auteurs considèrent l'ajout de ces éléments de savoirs comme attributs intrinsèques, faisant partie du processus. À noter qu'une attention particulière se situe au niveau de la présentation de savoirs et compétences disciplinaires fondamentaux dans ces ateliers plus que les compétences non

disciplinaires (comme le travail d'équipe), un constat est vérifié quantitativement par le nombre des études analysées pour chaque type de savoirs. Ceci semble confirmer la tendance évoquée dans le cadre de ce chapitre par rapport à la place des savoirs disciplinaires à l'égard des autres types de savoirs et compétences.

Un autre constat, les tâches conférées aux apprenants décrivent un processus d'APP linéaire et ordonné, correspondant plutôt à des procédures, même chez les auteurs qui n'ont pas considéré cette linéarité dans la définition de l'APP. Ce processus en cinq étapes correspond à la description globale de McCrum (2017) « define, think about it, plan, carry out and reflect » (McCrum, 2017, p. 694). De plus, une autre similarité est dégagée de ce processus, et ce, par rapport aux démarches basées sur l'investigation scientifique. L'un des auteurs de l'échantillon utilise même l'expression « inquiry-based instruction » (Clegg et Diller, 2019). De plus, il est question dans les résultats de la conception d'une stratégie de résolution par une approche systématique (Radcliffe et Kumar, 2016). Cet élément conceptuel se manifeste plus clairement lors de la définition du problème, dont les composantes ont été décrites, tel que repéré dans les résultats rapportés.

Cet élément de la définition du problème implique qu'un problème n'existe pas par lui-même ou à priori mais il est posé, construit (Lenoir, 2012). Cette construction est effectuée « en le caractérisant et en le spécifiant à partir de savoirs théoriques et empiriques ». (Ibid., p. 102). En revanche, cette construction est préalablement effectuée à travers les problèmes fournis, non pas par les étudiants, mais par les enseignants, d'où l'approche transmissive décrite dans le processus de facilitation qui reste majoritaire dans cette analyse. Par la suite, les apprenants s'approprient le problème en mettant en évidence des « zones d'ombres » conceptuelles, partant de données recueillies sur terrain au sens d'une approche inductive ou de connaissances préétablies à travers

les différents ateliers suivis donc une approche déductive. Ces « zones d'ombres » sont au cœur du processus d'appropriation, mettant en évidence un écart de connaissances entre ce qui est connu et ce qui est désirable, au sens de Lefrançois (1991) qui définit le problème comme un « écart ressenti ou observé entre une situation actuelle et une situation souhaitée » (Dans Lenoir, 2012, p. 98). Ces éléments d'inconnu sont désignés comme des « anomalies » au sens de Kuhn tel qu'exprimé par l'un des auteurs dans l'échantillon analysé (Ravn et Bo-Henriksen, 2017). De plus, la définition des objectifs d'apprentissage et du domaine des savoirs (limite de ce qui doit être appris) sont aussi des indicateurs bien présents parmi les éléments que l'analyse systématique a permis de dégager. Cet élément correspond ainsi à la vision d'Aktouf (1987) qui explicite la définition d'un problème en spécifiant qu'elle s'effectue sur trois points essentiels : « le domaine qui sera couvert, les objectifs principaux spécifiquement poursuivis et enfin la portée que devront avoir les résultats obtenus » (Dans Lenoir, 2012, p. 100). Chacun de ces éléments mentionnés par Aktouf (1987) a été repéré dans les résultats de l'analyse comme suit : Identification des objectifs d'apprentissage (Justo, Delgado, Vazquez-Boza et Branda, 2016; Li et Faghri, 2016), identification des limites de ce qui doit être appris (Radcliffe et Kumar, 2016) et la description des résultats attendus (Li et Faghri, 2016).

La description des tâches des apprenants en APP a permis aussi de souligner le rôle de la collaboration dans ce processus, un rôle qui semble se limiter dans les faits aux aspects pédagogiques comme la forme ou la disposition des apprenants en classe, ou qu'elle soit considérée comme un objet d'apprentissage transversal visé comme explicité plus haut. Ce rôle se résume en un support qui prend en compte une dimension sociale importante dans ce processus, et ce, à travers les interactions sociales qui s'opèrent entre le corps enseignant et les apprenants d'une part, mais surtout entre les apprenants eux-mêmes. Ce rôle englobe aussi des composantes

métacognitives à travers les rétroactions et réflexions des apprenants au sein du groupe sur le processus et l'externalisation des pensées en échanges oraux et écrits permettant « l'apprentissage de l'apprentissage » et mettant l'accent sur un attribut non négligeable de l'apprentissage au sein de l'APP, étant la métacognition. À ce propos, plusieurs auteurs de l'échantillon mentionnent cet élément conceptuel de l'APP (Lönngren, Adawi et Svanström, 2019 ; Van Niekerk et Mentz, 2015 ; Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016). Parmi ces auteurs, certains mentionnent explicitement le lien entre la dimension métacognitive et la collaboration : « Both are instructional methods which develop the ability for students to “learn to learn” while working cooperatively in teams » (Yusof, Sadikin, Phang et Abdul Aziz, 2016, p. 334).

Cette bi-dimensionnalité est davantage mise en évidence dans la catégorie de la communication des résultats tel que rapporté dans les tâches de l'apprenant. Bien que la majorité des auteurs situent cette étape du processus dans une orientation d'évaluation des apprentissages, cette orientation prend en compte la dimension sociale et la dimension métacognitive. En effet, la dimension sociale se manifeste tout au long du processus, comme nous l'avons mentionné ci-haut, même lors de la présentation des rapports-bilan par les apprenants en vue d'une évaluation qui prend en compte les rétroactions des pairs dans le groupe. Une réflexion et un retour sur les moments du processus de l'APP à l'issue de ce dernier est un point presque omniprésent dans les études analysées permettant aux apprenants de réfléchir sur leur propre pratique et s'autoévaluer, ce qui implique un apprentissage métacognitif pris en considération dans le processus.

Finalement, les éléments conceptuels repérés relatifs au rôle de l'enseignant en APP peuvent être classés en trois principales dimensions : (1) Dimension didactique, (2) Dimension pédagogique, (3) Dimension affective.

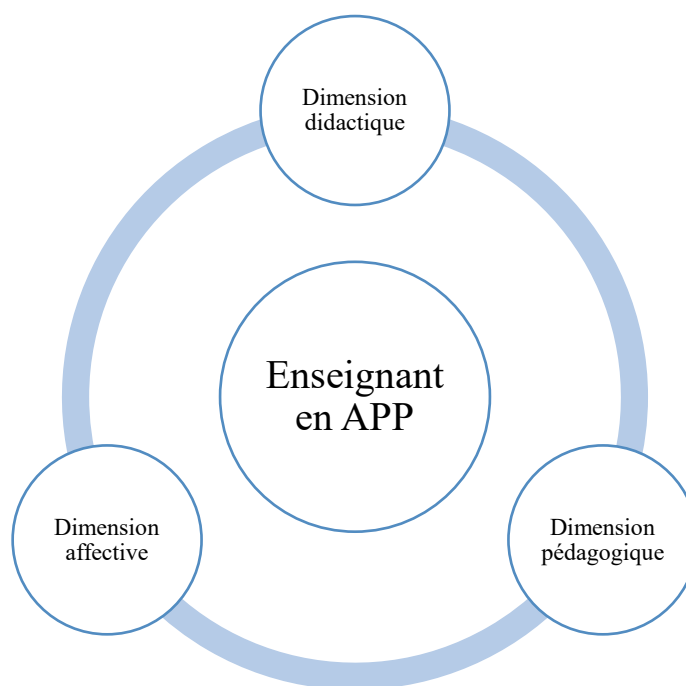


Figure 6. La représentation tri-dimensionnelle du rôle de l'enseignant en APP tel que repéré par l'analyse systématique

Un premier constat qui peut être dégagé, en accord avec ce qui se trouve dans les discours analysés dans notre cadre de référence. Ce constat implique une dimension pédagogique qui reste une composante prédominante s'affirmant dans presque tous les moments du processus d'APP dans les discours analysés. Par contre, ceci n'exclut pas la présence d'autres dimensions mais à moindre degré (voir Figure 6).

Une dimension didactique ici inclut les éléments qui renvoient au statut de l'enseignant en rapport avec les objets d'apprentissage et les apprenants. La plus grande composante qui est souvent ressortie dans cette dimension est le rôle métacognitif que joue l'enseignant. L'enseignant ne se limite pas à évaluer les solutions proposées au problème mais guide la réflexion pour proposer d'autres manières de voir et d'autres possibilités de résolution permettant un retour réflexif sur les apprentissages encourus par les apprenants, en exposant aussi le rationnel du problème et des moments de la stratégie de résolution adoptée. Ce rôle métacognitif intervient à l'issue d'un processus d'encouragement de l'autonomie chez les étudiants. Une autonomie, comme expliqué auparavant, qui ne semble pas être suffisamment conceptualisée et renvoie davantage à un travail indépendant des étudiants. C'est ainsi pour mieux la caractériser nous avons recours dans cette discussion à un concept qui semble pertinent à ce stade : la médiation (Hasni, Belletête et Potvin, 2018 ; Lenoir, 2009).



Figure 7. La médiation de l'apprentissage entre la logique de « transmission » et celle du « laisser-faire » (Hasni, Belletête et Potvin, 2018)

Selon cette échelle arbitraire de Hasni, Belletête et Potvin (2018) découlant d'une multitude de cadres d'analyse (Voir Figure 7), il est possible de situer les éléments conceptuels recueillis sur l'enseignant dans notre étude en faisant recours au concept de médiation. Ainsi, des éléments renvoyant à gauche de l'échelle, à la « transmission », décrivent un rôle de prise en charge de l'apprentissage, de ses directives dans une logique de transmission directe. C'est le cas comme explicité dans les sections précédentes de la majorité des auteurs avec la mention d'éléments comme : la tenue d'ateliers avant l'APP sur certains savoirs préalables à la résolution du problème

ou même la démonstration en laboratoire ou de résolution rapportée dans plusieurs études ainsi que la proposition et validation de stratégies de résolution du problème. Nous pouvons inclure aussi dans cet axe l'assignation par les enseignants de problèmes aux groupes sans que cela soit un choix de leur part. De l'autre côté de l'échelle, nous pouvons retrouver le travail indépendant relatif à un « laisser-faire » dans les mots de Hasni, Belletête et Potvin (2018) à l'égard des apprenants. Dans cette logique, les apprenants sont laissés à eux-mêmes à tel point que certaines études rapportent que le rôle de l'enseignant serait confiné à une validation académique occasionnelle, parfois trois fois en une session, ou à des considérations pédagogiques en fournissant le matériel nécessaire à la conduction du travail ou à la gestion des groupes (McQuade, Ventura-Medina, Wiggins et Anderson, 2019). Alors que la médiation serait dans une toute autre logique à part.

En effet, l'enseignant n'est plus vu comme le principal détenteur du savoir à transmettre (logique de transmission) et ne confère pas la responsabilité de l'apprentissage au complet à l'apprenant (logique du travail indépendant) mais procède à des retours de part et d'autre en ayant recours un rôle de régulation et de médiation. Un rôle qui n'implique pas directement une hiérarchisation des relations didactiques entre l'enseignant et l'apprenant dans un rapport unidirectionnel (en faisant référence au triangle didactique de notre cadre), mais ce rapport devient un rapport bidirectionnel impliquant un aller- retour par l'enseignant et l'apprenant, une relation de réciprocité (Tynjälä, Stenström et Saarnivaara, 2012). Cette médiation implique aussi une composante sociale importante, comme au niveau langagier, qui constitue à notre sens la composante principale dégagée dans le sens d'un rôle de l'enseignant étant triplement situé : didactique, pédagogique et affectif. Ceci implique de même une relation de réciprocité en rapport au contenu, qui serait construit conjointement par l'enseignant et l'apprenant à partir de plusieurs



points de départ différents (sur la base d'expériences passées différentes) (Tynjälä, Stenström et Saarnivaara, 2012) et non pas d'un seul point de départ (celle de l'enseignant) comme dans le cas d'une logique transmissive ou uniquement le point de départ de l'apprenant comme le cas de la logique du « laisser-faire ». Un point pertinent qui constitue l'un des ajouts majeurs à la conceptualisation de l'APP en génie dans ce mémoire.

C'est ainsi qu'à l'issue de cette synthèse sur les rôles et statuts de l'apprenant et de l'enseignant en APP que nous pouvons désormais répondre à notre troisième et dernier objectif spécifique de recherche.

En ce sens, l'APP se caractérise selon les auteurs par le plus fréquent de ses attributs étant la collaboration, qui reste un attribut omniprésent tout au long du processus. L'APP se distingue aussi par un caractère d'autonomie laissée aux apprenants par un niveau d'engagement actif dans l'apprentissage. C'est ainsi que la dynamique de la relation de l'apprenant-enseignant en APP est particulière par rapport au modèle du triangle didactique par laquelle cette relation a été examinée lors de cette analyse systématique. Bien que peu d'auteurs considèrent l'APP comme un processus linéaire et ordonné dans sa globalité, l'analyse du statut de l'apprenant et son niveau d'engagement dans les tâches conférées révèle au contraire un processus linéaire et procédural dans la pratique, mettant en lumière un écart entre la conceptualisation théorique et la mise en œuvre pratique de l'APP, un élément qui mérite d'être exploré dans le cadre d'une future recherche basée sur les résultats de ce mémoire et pouvant considérer de plus près les pratiques de classe. La présence d'un problème au départ reste un élément distinctif majeur qui se dégage de cette analyse, étant explicitement mentionné par les auteurs, dans les tâches relevées des apprenants. Cet élément rapproche l'APP des démarches basées sur l'investigation scientifique et tout le courant de recherche qui l'englobe. Le concept de médiation a démontré son utilité pour caractériser la

relation des apprenants au contenu d'une part, et à l'enseignant d'autre part, étant un ajout pertinent à notre modèle du système didactique exposé dans le cadre de référence. La majorité des auteurs, en revanche, n'ont pas eu recours à ce concept ni à sa signification mais il est souvent question d'une indépendance conférée aux étudiants par laquelle ces derniers sont activement engagés dans les tâches procédurales sans pour autant que cet engagement soit au niveau de l'apprentissage ou la prise de décisions en rapport avec ce dernier.

Quant à l'enseignant, il se situe aussi dans cette dynamique, un système tri-dimensionnel impliquant une dimension pédagogique avec la gestion des groupes, du temps et les tâches d'évaluation, une dimension affective avec un rôle motivateur et encourageant et de gestion du stress et de la frustration accompagnant le processus de l'APP. La dimension didactique et le rapport au savoir restent très peu explicités, et presque absents dans les discours analysés, avec une emphase sur les compétences transversales qui prennent beaucoup d'ampleur dans les discussions des auteurs surtout au niveau des justifications apportées à l'APP. C'est ainsi que ces éléments de synthèse nous permettent l'atteinte de notre troisième objectif spécifique de ce mémoire et sa conclusion.

## CONCLUSION

Dans ce mémoire, nous avons mené une revue systématique qualitative et descriptive sur le discours des publications scientifiques en langue anglaise concernant la caractérisation conceptuelle de l'APP dans la formation universitaire des ingénieurs. Ce mémoire s'inscrit dans la continuité des travaux de recherche sur cette approche dans le domaine du génie en permettant d'établir un portrait conceptuel de l'APP et fournissant donc des éléments d'éclairage sur cette question. Néanmoins, ce mémoire ne prétend aucunement proposer une certaine conceptualisation de l'APP ou un mode d'opérationnalisation particulier, car il s'intéresse justement à ces questions, en revanche, un regard original est posé sur l'APP dans le contexte disciplinaire du génie. En effet, la documentation scientifique regorge d'études évaluant l'APP ou tentant de la conceptualiser dans de multiples contextes disciplinaires comme en médecine, mais aucune revue systématique n'a été identifiée en génie, d'où l'originalité scientifique de ce mémoire. Ce mémoire présente aussi un angle didactique de l'APP en génie prenant en compte le statut du savoir. Bien que cette revue systématique ne prétende pas une représentativité à l'échelle de l'APP et du génie, elle permet néanmoins l'introduction d'éléments d'éclairage scientifiques sur la question de l'APP qui peuvent aussi être utiles au regard de différents acteurs en génie, ouvrant la voie à d'autres recherches sur l'APP, comme sur les pratiques de classes et les conceptions des enseignants ou étudiants. L'originalité de notre recherche est aussi mise de l'avant par la proposition d'un cadre d'analyse didactique spécifique à cet objet d'étude et traitant du génie, priorisant la dimension conceptuelle.

Afin de conduire cette recherche, une grille d'analyse qualitative a été construite permettant de s'attarder sur les aspects conceptuels traitant de l'APP dans sa globalité avec sa définition, les justifications d'y avoir recours, la place et statut du problème en APP et se terminant par une caractérisation des rôles de l'apprenant et l'enseignant dans ce contexte.

Les résultats obtenus ont permis de dégager plusieurs éléments conceptuels inattendus ainsi que plusieurs tendances spécifiques. L'APP est ainsi une approche décrite majoritairement dans l'analyse comme un processus et non comme une procédure linéaire. Elle est caractérisée principalement par la présence d'un problème au départ dont les orientations conceptuelles font appel à des considérations majoritairement pédagogiques, se limitant au niveau de complexité et de structure du problème, sans poser une réflexion sur les savoirs véhiculés. Il s'en va de même pour dire que la place des savoirs dans les discours des auteurs reste très limitée et se circonscrit à une emphase sur les compétences transversales et leur acquisition à travers l'APP. C'est une approche dont le recours est souvent justifié aussi par la nécessité du développement de compétences disciplinaires (génie) et non disciplinaires chez les apprenants. Cette approche est une approche qui s'inscrit dans le courant de la collaboration, lui-même inscrit dans les travaux sur le constructivisme par Dewey et d'autres auteurs. La collaboration qui implique le travail d'équipe en groupe d'étudiants mais aussi des interactions sociales entre les étudiants et l'enseignant, est souvent considérée dans une logique de transmission, conférant à l'enseignant le contrôle de l'apprentissage, et le plaçant comme facilitateur ou tuteur. Néanmoins, l'enseignant encourage une autonomie chez les étudiants qui se situe dans la logique du travail indépendant, se limitant aux aspects organisationnels et de gestion du processus d'APP. L'étudiant en contrepartie se trouve activement engagé dans les tâches conférées sans nécessairement qu'une discussion sur la conceptualisation soit présente. En effet, être actif dans les processus se rapportant à l'apprentissage ne corrèle pas systématiquement avec l'acquisition des savoirs ou la conceptualisation. L'APP présente aussi un changement au niveau des relations et statuts de l'enseignant et de l'apprenant pour un contrôle didactique tourné vers l'enseignant, laissant le contrôle des aspects pédagogiques et organisationnels à l'apprenant.

Les principales limites de cette recherche se situent au niveau des contraintes méthodologiques qui ont justifié plusieurs choix encourus. En premier lieu, la spécification de l'analyse systématique dans la littérature scientifique en langue anglaise. Malgré qu'il ne s'agit nullement pas d'un positionnement particulier qui exclut les autres langues, comme les publications en français, ce choix s'explique tout d'abord par l'abondance des écrits en anglais ayant traité de l'APP dans le contexte universitaire global et dans le contexte de la formation des ingénieurs en particulier, par la suite, une autre explication peut être avancée est dans l'abondance aussi des bases de données ayant l'attribut de systématisme dans la procédure de recherche des articles et l'élaboration méthodologique d'une stratégie d'inclusion/exclusion stable, un élément qui est plus affirmé dans les bases de données en anglais comme ERIC, Scopus et Compendex. De plus, ce choix s'explique aussi par la disponibilité des ressources et des bases de données du Service des bibliothèques de l'Université de Sherbrooke, offrant un vaste éventail de ressources et de bases de données virtuelles pour les fins de cette analyse, bien que plusieurs publications retenues dans les résultats de recherche étaient indisponibles pour y accéder, à tel point que plusieurs auteurs ont été contactés pour avoir une copie de la publication mais sans réponse. Nous sommes conscients que certaines publications pertinentes à notre objet d'étude ont pu être exclues de l'analyse, mais notre recherche ne prétend pas l'exhaustivité, irréaliste dans le cadre d'une maîtrise, ni la représentativité statistique, ce qui n'est pas le propre de la majorité des travaux de recherche en éducation. Notre recherche décrit un objet particulier dans le cadre d'un échantillon bien déterminé, ce qui n'affecte en rien la pertinence des travaux dans ce champ, au sens de Quivy et Van Campenhoudt (1995) :

L'exigence de la représentativité est moins fréquente qu'on ne le pense parfois : Il ne faut pas confondre scientificité et représentativité. Pour mieux connaître des

groupes ou des systèmes de relations, il n'est pas forcément pertinent [...] de les étudier comme des sommes d'individualités » (p. 162).

Finalement, ce mémoire ouvre plusieurs perspectives de recherche en lien avec les approches éducatives comme l'APP afin d'examiner de plus près d'autres aspects liés aux questions d'enseignement-apprentissage. En effet, il constitue une esquisse de cadre conceptuel de l'APP permettant de construire une base systématique sur laquelle d'autres objets peuvent être étudiés comme les pratiques de classes, l'utilisation de manuels ou ressources didactiques ou l'implication de l'interdisciplinarité en APP sur l'apprentissage, encore une fois, il s'agit d'un des apports de ce mémoire ayant permis de dégager ces éléments. Enfin, un guide pour les enseignants peut être conçu, contenant un modèle non restrictif, fournissant des éléments qui pourraient aider à penser des tutoriels APP ou des problèmes pour les étudiants, ce qui permet de montrer encore une fois la pertinence sociale et scientifique de cette étude.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abraham, R.R., Hassan, S., Damanhuri, M.U.A. et Salehuddin, N.R. (2016). Exploring students' self-directed learning in problem-based learning. *Education in Medicine Journal*, 8(1), 15-23.
- Albanese, M. A., et Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52-81.
- Azer, S.A., Mclean, M., Onishi, H., Tagawa, M. et Scherpbier, A. (2013). Cracks in problem-based learning: What is your action plan? *Medical Teacher*, 35, 806-814.
- Bardin, L. (2001). *L'analyse de contenu* (10e éd.). Paris : Presses universitaires de France.
- Barrows, H.S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20, 481-486.
- Barrows, H.S. (1996). Problem-Based Learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(68), 3-12.
- Becerra-Labra, C., Gras-Martí, A. et Martínez-Torregrosa, J. (2012). Effects of a problem-based structure on conceptual learning and the ability to solve problems. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1235-1253.
- Becker, F.S. (2006). Globalization, curricula reform and the consequences for engineers working in an international company. *European Journal of Engineering Education*, 31(3), 261-272.
- Berkson, L. (1993). Problem-based learning: Have the expectations been met? *Academic Medicine*, 68(10), 79-88.
- Bouck, E.C. et Park, J. (2018). A systematic review of the literature on mathematics manipulatives to support students with disabilities. *Education and Treatment of Children*, 41(1), 65-106.
- Brody, C. M., et Davidson, N. (1998). *Professional Development for Cooperative Learning: Issues and Approaches*. New York : State University of New York Press.
- Brousseau, G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue française de pédagogie*, 45, 130-140.
- Brousseau, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*. Thèse de doctorat en mathématiques, Université de Bordeaux I, France.
- Canadian Academy of Engineering. (1999). Evolution of engineering education in Canada. *Engineering Issues*, 8, 1-2.
- Canavan, B. (2008). A summary of the findings from an evaluation of problem-based learning carried out at three UK universities. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 45(2), 175-180.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

- Cohen, L., Manion, L. et Morrison, K. (2007). *Research methods in Education* (6<sup>e</sup> ed.). London & New York : Routledge.
- Cooke, M., Irby, D.M., Sullivan, W. et Ludmerer, K.M. (2006). American medical education 100 years after the Flexner Report. *The New England Journal of Medicine*, 355(13), 1339-1344.
- Cooper, H. (2017). *Research Synthesis and Meta-Analysis: A Step-by-Step Approach* (5e éd.). Duke University : SAGE Publications.
- Crawley, E.F. (2002). Creating the CDIO Syllabus, a universal template for engineering education. Dans 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (p. 1-6). Boston, MA.
- De Figueiredo, A. D. (2014). De la nature historique des pratiques d'ingénierie. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 8(2), 245-278.
- De Graaff, E. et Ravesteijn, W. (2001). Training complete engineers: Global enterprise and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 26(4), 419-427.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. et Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning : a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 533-568.
- Evans, D. et Kowanko, I. (2000). Literature reviews : Evolution of a research methodology. *The Australian Journal of Advanced Nursing*, 18(2), 33-38.
- Fabre, M. (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue Française de Pédagogie*, 120, 49-58.
- Gauthier, B. (1997). *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données* (3e éd.). Québec : Presses universitaires du Québec.
- Gillies, R.M. et Ashman, A.F. (2003). *Cooperative learning: The social and intellectual outcomes of learning in groups*. London : Routledge.
- Global Dimension in Engineering Education (2014). *Making the case for a critical global engineer*. Barcelone : Global Dimension in Engineering Education.
- Hasni, A., Belletête, V. et Potvin, P (2018). Les démarches d'investigation scientifique. Un outil de réflexion sur les pratiques de classe. Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences et Chaire de recherche sur l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie, Université de Sherbrooke et Université du Québec à Montréal.
- Hasni, A., Bousadra, F. et Charles, F. (collaboration). (accepté). Les finalités éducatives pour les sciences : entre l'idéal des chercheurs et du curriculum et les défis de leur opérationnalisation dans les manuels et dans les pratiques d'enseignement. Dans Y. Lenoir, J. Bourque, A. Hasni, R. Nagy, M. Priolet et A. Torres Arizmendi (dir.), *Conceptions des finalités et des disciplines scolaires chez des enseignants du primaire. Une étude comparative internationale*. Montréal : Groupéditions éditeur.
- Hasni, A., Bousadra, F., Belletête, V., Benabdallah, A., Nicole, M-C. et Dumais, N. (2016). Trends in research on project-based science and technology teaching and learning at K-12 levels : a systematic review. *Studies in Science Education*, 52(2), 199-231.



- Ingénieurs Canada (2015). Normes et procédures d'agrément 2015. Ottawa : Bureau d'agrément d'Ingénieurs Canada.
- Jonassen, D.H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology, Research and Development*, 48(4), 63-85.
- Kirschner, P.A., Sweller, J. et Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Laparra, M. et Margolinas, C. (2010). Milieu, connaissance, savoir. Des concepts pour l'analyse de situations d'enseignement. *Pratiques : Linguistique, littérature, didactique*, 145-146.
- Lenoir, Y. (2009). L'intervention éducative, un construit théorique pour analyser les pratiques d'enseignement. *Nouveaux Cahiers de la Recherche en Éducation*, 12(1), 9-29.
- Lenoir, Y. (dir.), Hasni, A., Lacourse, F., Larose, F., Maubant, P. et Zaid, A. (2012). Guide d'accompagnement de la formation à la recherche : Un outil de réflexion sur les termes et expressions liés à la recherche scientifique. Longueuil : Groupéditions.
- Lipsey, M.W. et Wilson, D.B. (2000). *Practical meta-analysis*. Thousand Oaks : Sage Publications.
- Litzinger, T.A, Lattuca, L.R., Hadgraft, R.G. et Newstetter, W.C. (2011). Engineering education and the development of expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 123-150.
- Majoer, G.D., Schmidt, H.G., Snellen-Balendong, H.A.M., Moust, J.H.S. et Stalenhoef-Halling, B. (1990). Construction of problems for problem-based learning. Dans Z.H. Nooman, H.G. Schmidt, H.G. et E.S. Ezzat (dir.), *Innovations in medical education: An evaluation of us present status*. New York: Springer Publishing Co.
- Margolinas, C. (2014). Connaissance et savoir. Concepts didactiques et perspectives sociologiques? *Revue française de pédagogie*, 188, 13-22.
- Marra, R., Jonassen, D.H., Palmer, B. et Luft, S. (2014). Why problem-based learning works: Theoretical foundations. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3&4), 221-238.
- Mathew, R.G.S. et Hughes, D.C. (1994). Getting at deep learning: a problem-based approach. *Engineering Science and Education Journal*, 3(5), 234-240.
- Maudsley, G. (1999). Do we all mean the same thing by "problem-based learning"? A review of the concepts and a formulation of the ground rules. *Academic Medicine*, 74(2), 178-185.
- Mills, J.E. et Treagust, D.F. (2003). Engineering education – Is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, 2, 2-16.
- National Academy of Engineering (NAE). (2005). *Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the new century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Academy of Engineering (NAE). (2012). *Infusing real world experiences into engineering education*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Nguyen, D.Q. (1998). The essential skills and attributes of an engineer: A comparative study of academics, industry personnel and engineering students. *Global Journal of Engineering Education*, 2(1), 65-76.
- Owens, C.L. et Fortenberry, N.L. (2007). A transformation model of engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 32(4), 429-440.
- Oxman, A.D. et Guyatt, G.H. (1993). The science of reviewing research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 703, 156-163.
- Perrenet, J.C., Bouhuijs, P.A.J. et Smits, J.G.M.M. (2000). The suitability of problem-based learning for engineering education: Theory and practice. *Teaching in Higher Education*, 5(3), 345-358.
- Peters, M. (2015). Using cognitive load theory to interpret student difficulties with a problem-based learning approach to engineering education: A case study. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 34, 53-62.
- Quivy, R. et Van Campenhoudt, L. (1995). *Manuel de recherche en sciences sociales* (2e éd.). Paris : Dunod.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Université de Paris VIII.
- Ravesteijn, W., De Graaff, E. et Kroesen, O. (2006). Engineering the future: the social necessity of communicative engineers. *European Journal of Engineering Education*, 31(1), 63-71.
- Reuter, Y. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (3<sup>e</sup> éd.). Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Rojter, J. (2006). *PBL as means to better engineering education?* Melbourne City : Victoria University.
- Savin-Baden, M. (2014). Using problem-based learning: New constellations for the 21<sup>st</sup> century. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3&4), 197-219.
- Shinde, V.V. et Inamdar, S.S. (2013). Problem based learning (PBL) for engineering education in India : Need and recommendations. *Wireless Personal Communications*, 69, 1097-1105.
- Sockalingam, N., Rotgans, J. et Schmidt, H. (2012). Assessing the quality of problems in problem-based learning. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 24(1), 43-51.
- Stefanou, C., Stolk, J.D., Prince, M., Chen, J.C. et Lord, S.M. (2013). Self-regulation and autonomy in problem- and project-based learning environments. *Active Learning in Higher Education*, 14(2), 109-122.
- Suri, H. et Clarke, D. (2009). Advancements in Research Synthesis Methods: From a Methodologically Inclusive Perspective. *Review of Educational Research*, 79(1), 395-430.
- The Royal Academy of Engineering (2007). *Educating engineers for the 21st century*. London : The Royal Academy of Engineering.

- The Royal Academy of Engineering (2017). Learning to be an engineer: Implications for the education system. London: The Royal Academy of Engineering.
- Tynjälä, P., Stenström, M.L. et Saarnivaara, M. (2012). Transitions and transformations in learning and education. New York : Springer.
- Van der Maren, J-M. (1996). Méthodes de recherches pour l'éducation (2 éd.). Montréal : Presses de l'Université de Montréal.
- Vatin, F. (2008). L'esprit d'ingénieur : Pensée calculatoire et éthique économique. *Revue française de Socio-Économie*, 1, 131-152.
- Vernon, D.T.A. et Blake, R.L. (2009). Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, 68(7), 550-563.
- Vinck, D. (2014). Pratiques d'ingénierie: Les savoirs de l'action. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 8(2), 225-243.
- Walker, A. et Leary, H. (2009). A problem-based learning meta-analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines and assessment levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1), 12-43.
- Warnock, J.N. et Mohammadi-Aragh, M.J. (2016). Case study: Use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 142-153.
- Yadav, A., Subedi, D., Lundeberg, M.A. et Bunting, C.F. (2011). Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 253-280.

**ANNEXE 1**  
**LISTE DES REVUES SPÉCIALISÉES DANS LA FORMATION DES INGÉNIEURS**  
**DONT LES PUBLICATIONS ONT ÉTÉ RETENUES**

Advances in Engineering Education

American Journal of Engineering Education

Australasian Journal of Engineering Education

Education for Chemical Engineers

European Journal of Engineering Education

International Journal of Electrical Engineering Education

International Journal of Engineering Education

Journal of Engineering Education

Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice

## ANNEXE 2

### LISTE DES PUBLICATIONS RETENUES POUR LA CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLON

- Bermejo, S.P. et Prieto, L.F.C. (2019). Problems without data: An emerging methodology to change the way of teaching engineering problems. *International Journal of Engineering Education*, 35(4), 1238-1249.
- Clegg, J.R. et Diller, K.R. (2019). Challenge-based instruction promotes students' development of transferable frameworks and confidence for engineering problem solving. *European Journal of Engineering Education*, 44(3), 398-416.
- Cook, K.E., Han, Y.-L., Shuman, T.R. et Mason, G. (2017). Effects of integrating authentic engineering problem centered learning on student problem solving. *International Journal of Engineering Education*, 33(1), 272-282.
- Dringenberg, E. et Purzer, Ş. (2018). Experiences of first-year engineering students working on ill-structured problems in teams. *Journal of Engineering Education*, 107(3), 442-467.
- Goodman, K., Davis, J. et McDonald, T. (2016). Effect of a "Look-Ahead" problem on undergraduate engineering students' concept comprehension. *American Journal of Engineering Education*, 7(2), 59-64.
- Johnson, M. et Hayes, M.J. (2016). A comparison of problem-based and didactic learning pedagogies on an electronics engineering course. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 53(1), 3-22.
- Justo, E., Delgado, A., Vázquez-Boza, M. et Branda, L.A. (2016). Implementation of problem-based learning in structural engineering: A case study. *International Journal of Engineering Education*, 32(6), 2556-2568.
- Le Doux, J.M. et Waller, A.A. (2016). The problem solving studio: An apprenticeship environment for aspiring engineers. *Advances in Engineering Education*, 5(3), 1-27.
- Li, M. et Faghri, A. (2016). Applying problem-oriented and project-based learning in a transportation engineering course. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(3), 1-11.
- Lönngren, J., Adawi, T. et Svanström, M. (2019). Scaffolding strategies in a rubric-based intervention to promote engineering students' ability to address wicked problems. *European Journal of Engineering Education*, 44(1-2), 196-221.
- Lutsenko, G. (2018). Case study of a problem-based learning course of project management for senior engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 43(6), 895-910.
- Mantri, A. (2014). Working towards a scalable model of problem-based learning instruction in undergraduate engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 39(3), 282-299.

- McCrum, D.P. (2017). Evaluation of creative problem-solving abilities in undergraduate structural engineers through interdisciplinary problem-based learning. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 684-700.
- McQuade, R., Ventura-Medina, E., Wiggins, S. et Anderson, T. (2019). Examining self-managed problem-based learning interactions in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 1-17.
- Nikolic, S., Ros, M. et Hastie, D.B. (2018). Teaching programming in common first year engineering: discipline insights applying a flipped learning problem-solving approach. *Australasian Journal of Engineering Education*, 23(1), 3-14.
- Paniagua, S., Herrero, R., García-Pérez, A.I. et Calvo, L.F. (2019). Study of Binqi. An application for smartphones based on the problems without data methodology to reduce stress levels and improve academic performance of chemical engineering students. *Education for Chemical Engineers*, 27, 61-70.
- Radcliffe, P.J. et Kimar, D. (2016). Is problem-based learning suitable for engineering? *Australasian Journal of Engineering Education*, 21(2), 81-88.
- Ravn, O. et Bo Henriksen, L. (2017). Engineering mathematics in context - Learning university mathematics through problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 33(3), 956-962.
- Swart, A.J. (2018). Engaging African engineering students with problem-based learning by using the disassembly–assembly technique. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 55(3), 244-257.
- Van Niekerk, W. et Mentz, E. (2015). Cooperative pair problem solving: A strategy for problem solving tutorials in the engineering sciences. *International Journal of Engineering Education*, 6(A), 1516-1525.
- Vidic, A.D. (2016). Using a problem-based learning approach to incorporate safety engineering into fundamental subjects. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(2), 1-9.
- Yusof, K.M., Sadiki, A.N., Phang, F.A. et Abul-Aziz, A. (2016). Instilling professional skills and sustainable development through problem-based learning (PBL) among first year engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 32(1), 333-347.

### ANNEXE 3 ÉLÉMENTS DE LA GRILLE D'ANALYSE

#### **Section 1 : Informations générales de l'article**

- Référence complète.
- Affiliation(s) des auteurs.
- Localisation(s) de l'étude.
- Champ disciplinaire (génie).
- Type de l'étude (empirique, méta-analyse, revue de littérature, conceptualisation théorique, posture critique, proposition d'intervention, etc.).
- Commentaires personnels.

#### **Section 2 : Définitions et conceptions de l'APP**

- Expression(s) ou concept(s)-clé utilisé(s) pour désigner l'APP.
- Définition (explicite, à travers le texte ou absente).
- Place de l'APP dans l'étude (objet de recherche ou contexte de recherche).
- Dimension(s), attributs et indicateurs utilisés pour la définition.
- Justifications apportées pour le recours à l'APP.
- Commentaires personnels.

#### **Section 3 : Place et statut du problème**

- Niveau de structure (Jonassen, 1997).
- Niveau de complexité et d'abstraction (Jonassen, 2000): problème de prise de décision, problème logique, algorithmique, diagnostic-solution, dilemme, performance stratégique, conception ou autre).

- Statut par rapport au processus d'enseignement-apprentissage (application des connaissances, véhicule de l'apprentissage ou autre).
- Objets d'apprentissage visés (savoirs, habiletés, compétences, attitudes, non précisés).
- Commentaires personnels.

#### **Section 4 : Sens et rôles attribués à l'apprenant et l'enseignant**

- Attributs de l'apprenant (discipline du génie, contexte de formation)
- Niveau d'engagement et d'autonomie de l'apprenant dans le processus d'apprentissage.
- Description des tâches d'apprentissage conférées à l'apprenant, s'il y a lieu.
- Attributs de l'enseignant.
- Commentaires personnels.